



**VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX
CONSOMMÉS PAR LES RUMINANTS
EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE**

RAPPORT FINAL

ALLEMAGNE	Universität Hohenheim - Institut für Tierernährung
BELGIQUE	CRA Gembloux - Station de Haute Belgique
CAMEROUN	IRZV - Yaoundé, Ngaoundéré, Garoua
CÔTE D'IVOIRE	IDESSA-DRA - Bouaké
FRANCE	CIRAD-EMVT - Maisons-Alfort CIRAD-FORÊT - Nogent/Marne INRA-SRNH - Theix
MALI	IER - Sotuba, Niono
SÉNÉGAL	ISRA-DRPSA-LNERV - Dakar
TCHAD	LRVZ - Farcha, N'Djaména
	et
BURKINA FASO	IDR - Ouagadougou CIRAD-FORÊT/IRBET - Ouagadougou
NOUVELLE-CALÉDONIE	CIRAD-EMVT - Nouméa

NOVEMBRE 1994

Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement
Département d'Élevage et de Médecine vétérinaire
CIRAD-EMVT
10, rue Pierre-Curie 94704 Maisons-Alfort Cedex France



SOMMAIRE DU RAPPORT FINAL

Résumé

Chapitre I : Présentation succincte du programme d'étude de la valeur fourragère des arbres et arbustes d'Afrique tropicale centrale et occidentale

Chapitre II : Caractérisation des disponibilités fourragères ligneuses

Chapitre III : Composition botanique des régimes des ruminants sur parcours - Appétibilité relative des espèces ligneuses

Chapitre IV : Récolte et commercialisation des fourrages ligneux en régions périurbaines

Chapitre V : Echantillonnage des fourrages ligneux - Analyses au laboratoire - Composition chimique et dégradabilité enzymatique

Chapitre VI : Les tanins dans les fourrages ligneux

Chapitre VII : *In vitro* Untersuchungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit, des Gehaltes an umsetzbarer Energie und des Proteinverfügbarkeit bei tropischen Futterbäumen und Büschen

In vitro studies for the prediction of digestibility, metabolisable energy content and protein fermentability of shrubs and tree fodders

(Mesures *in vitro* de la digestibilité pour estimer les teneurs en énergie métabolisable et en azote dégradable dans le rumen des fourrages ligneux)

Chapitre VIII : Prévion par la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) de la composition chimique et de la dégradabilité enzymatique ou *in vitro* des fourrages ligneux

Chapitre IX : Dégradabilité *in situ* de la matière sèche et des matières azotées de quelques fourrages ligneux : application des méthodes *in sacco* à l'étude de la digestion dans le rumen et dans les intestins

Chapitre X : Ingestion et digestibilité *in vivo* des fourrages ligneux

Chapitre XI : Essais d'alimentation de moutons avec des fourrages ligneux

Conclusion générale

Annexe I : Liste des espèces ligneuses enregistrées au catalogue CIRAD-EMVT/Laboratoire d'Ecologie végétale de l'Université Paris-Sud et des espèces ligneuses et subligneuses échantillonnées et étudiées sur l'animal

Human Resource Training - Equipment

→ **Liste des Abréviations**

CHAPITRE V

ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES LIGNEUX ANALYSES AU LABORATOIRE COMPOSITION CHIMIQUE ET DEGRADABILITE ENZYMATIQUE

Par

Albert DUCHE ¹, Patrice LEFEVRE ¹

avec la collaboration de Danièle BERDON, Geneviève BERNARD, Mohamed ELDJENDOUBI

A PARTIR DES TRAVAUX DE :

Cameroun : Aboubakar NJOYA², Josph ONANA², Samuel YONKEU³, Henri-Dominique KLEIN^{2,10}

Côte d'Ivoire : Clément BODJI NGUESSAN⁴

Mali : Anna Réjane KONE⁵, Ibrahima KASSAMBARA⁶

Sénégal : Safiétou Touré FALL⁷, Dominique FRIOT⁷

Tchad : Alexandre ICKOWICZ⁸, Oueddo DASSERING⁸ avec la collaboration de David MINAINGAR⁸

Et

Burkina Faso : Denis DEPOMMIER⁹

Nouvelle

Calédonie : Christian CORNIAUX¹⁰, Nathalie DURAND¹⁰, Sébastien LEBEL¹⁰

¹ CIRAD-EMVT – 10 rue Pierre Curie -94704 Maisons Alfort Cedex, France

² SRZV de Garoua –IRZV –BP 1073 – Garoua, Cameroun

³ CRZ de Wakwa – IRZV – BP 65 –N'Gaoundéré, Cameroun

⁴ DRA-IDESSA -01 BP 633- Bouaké, Côte d'Ivoire

⁵ SRZ de Sotuba –IER –BP 258- Bamako, Mali

⁶ SRZ de Niono –IER-Niono, Mali

⁷ LNERV-ISRA –BP 2057-Dakar, Sénégal

⁸ LRVZ –Farcha- BP 433-N'Djaména, Tchad

⁹ CIRAD-FORET/IRBET-01 BP1759 –Ouagadougou, 01 Burkina Faso

¹⁰ CIRAD-FORET –Port Laguerre-BP 186 –Nouméa, Nouvelle Calédonie

Echantillonnage des fourrages ligneux - Analyses au laboratoire - Composition chimique et dégradabilité enzymatique. Duché A., Lefevre P., Berdon D., Bernard G., Eldjendoubi M., Njoya A., Onana J., Yonkeu S., Klein H.D., Bodji N'guessan C., Koné A.R., Kassambara I., Touré Fall S., Friot D., Ickowicz A., Dassering O., Minaingar D., Depommier D., Corniaux C., Durand N., Lebel S., 1994. Chapitre V - In : Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique Centrale et Occidentale. Rapport final CCE-DGXII ST2.A/89/215.F. Guérin Hubert (ed.). Maisons-Alfort : CIRAD-EMVT, 186-259.

SOMMAIRE

	Page
1. ECHANTILLONS	1
2. CHOIX DES METHODES D'ANALYSES	8
2.1. Analyses chimiques	8
2.1.1. Minéraux	8
2.1.2. Constituants pariétaux	8
2.1.3. Constituants azotés	12
2.1.4. Matières grasses	15
2.2. Energie brute	15
2.3. Dégradabilité enzymatique	17
3. RESULTATS	17
3.1. Diversité chimique des fourrages ligneux suivant leur origine botanique et géographique	19
3.1.1. Exemple des 16 principales espèces des parcours sahéliens de la région de Massakory au Tchad	19
3.1.2. Exemple de quatre espèces de Ficus fréquentes sur les parcours guinéens et soudaniens	19
3.1.3. Composition des feuilles et gousses de <i>Faidherbia</i> <i>albida</i>	22
3.2. Effet de la saison et du site de prélèvement sur la composition chimique et la dégradabilité enzymatique des fourrages ligneux	27
3.2.1. Variations mensuelles des teneurs en MAT des principales espèces du ranch de Nono au Mali	27
3.2.2. Variations saisonnières et suivant le site de la composition chimique et de la dégradabilité d'espèces sahéliennes au Tchad	29
3.3. Relations entre quelques paramètres chimiques et de dégradabilité enzymatique caractérisant les fourrages ligneux	34
3.3.1. Ensemble des résultats	34
3.3.2. Feuilles et gousses de <i>Faidherbia albida</i>	34
3.4. Essai de classification des espèces ligneuses suivant leurs caractéristiques chimiques et de dégradabilité enzymatique	39
4. EBAUCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE NOUVEAUX ECHANTILLONS A PARTIR DE CRITERES CHIMIQUES	46
BIBLIOGRAPHIE	51

I. ECHANTILLONS

Au total, près de 3 000 échantillons, dont 2 000 dans le cadre du programme, ont été collectés suivant un protocole général (annexe V.I) que les membres du projet se sont efforcés de suivre.

Les échantillons peuvent correspondre à des prises alimentaires au pâturage, à des suivis phénologiques ou de feuillaison et à des essais sur animaux. Dans tous les cas, il était recommandé de séparer les organes, le calcul permettant de déterminer après analyse la composition et la valeur de leur mélange¹.

Des protocoles particuliers de prélèvements ont été appliqués sur les sites du projet :

- au Tchad, 15 espèces furent échantillonnées trimestriellement pendant trois ans sur quatre sites se différenciant par la nature du sol et la formation végétale. Le but était d'étudier les variations annuelles, saisonnières et multilcales de la composition des ligneux² ;
- au Nord-Cameroun, à Garoua, de nombreux prélèvements de *Ficus sycomorus gnaphalocarpa* ont eu pour but d'étudier les variations de composition des feuilles suivant la saison, le rythme d'exploitation et l'âge des repousses (protocole partiellement exécuté en annexe V.2). A Maroua, en collaboration avec l'IRA et CIRAD-Forêt, il s'agissait de comparer à plusieurs saisons la composition des feuilles de 15 espèces en pépinière utilisées pour le repeuplement (annexe V.3) ;
- en Côte d'Ivoire et au Mali, les prélèvements mensuels ont porté sur les principales espèces des parcours ; de plus, en Côte d'Ivoire, des prélèvements ont été effectués à quatre périodes de l'année sur 11 espèces testées par les forestiers (IDEFOR/DFO) pour l'aménagement de la zone dense de Korhogo (Annexe V.4) ;
- au Sénégal, les prélèvements ont surtout été liés aux essais sur animaux. Ce dernier type de prélèvement a bien sûr aussi été effectué sur l'ensemble des sites du projet ;
- au Burkina Faso, Depommier (CIRAD/IRBET) effectue une étude pluridisciplinaire sur les parcs de *Faidherbia albida* : dans ce cadre, de nombreux échantillons de feuillages et de gousses de cette espèce ont été collectés et partiellement analysés. Les facteurs de variation étudiés sont l'âge des repousses (3 mois-1 an), la saison, le sol, la situation topographique, l'individu. Dans le même pays, Chantal Zoungrana (IDR) a effectué des prélèvements périodiques sur les espèces étudiées *in vivo* ;

¹Pour la caractérisation de rations par exemple.

²Chaque échantillon a été constitué à partir de plusieurs individus (5 à 10) d'un même site, à la même date (5 récoltes bimestrielles en saison sèche par an) et peut donc être considéré comme une moyenne d'individus (Ickowicz, 1994).

- en Nouvelle Calédonie, comme dans la plupart des pays de la zone Pacifique (Australie, Indonésie), la production de viande bovine a été sensiblement réduite depuis 1986 en raison de la diminution des ressources fourragères. La raison majeure de cette diminution résulte de la régression importante de *Leucaena leucocephala*, ou faux mimosa, parasité par le psylle (*Heteropsylla cubana*). Les solutions envisagées associent l'utilisation d'insectes prédateurs et le recours à des arbustes fourragers résistant au psylle.

L'étude menée par Nathalie Durand (1993) avait pour objectif de compléter la gamme des espèces introduites à tester par des espèces ligneuses locales, utilisées couramment ou accidentellement par le bétail domestique ou sauvage.

Une quarantaine d'espèces ligneuses ont été récoltées et analysées (annexe V.5).

L'effectif par espèce végétale, compris entre 1 et 80, est très variable.

A chaque fois que cela a été possible, l'origine géographique, la période de récolte, le stade phénologique et la nature (organe) des échantillons furent portés sur des bordereaux codés en vue de leur saisie dans la base de données du projet (tableaux V.1 et V.2).

Des tris d'échantillons sur des critères qualitatifs (en particulier suivant la nature des organes = tableau V.2) devaient ainsi permettre des calculs de statistiques élémentaires et des analyses multivariées.

La gestion informatique des échantillons et des résultats analytiques permet d'établir le catalogue des espèces échantillonnées avec des indications sur leur origine géographique et temporelle ainsi que leur utilisation en élevage. La compilation des données relatives aux différentes stations du projet (tableau V.3) facilite les travaux de synthèse par espèce, famille, zone agroécologique, etc.

En fin de projet, il est possible de faire l'inventaire des espèces suivant leur utilisation fourragère et les connaissances acquises relatives à leur composition et leur valeur (tableau V.4).

Tableau V.1 - Exemple de bordereau de description d'un échantillon de fourrage ligneux.

CEE - TS2 / 215

28/06/1992

BORDEREAU ECHANTILLON

N° d'analyse001830
 Auteur - ExpéditeurICKOWICZ
 N° correspondant, expédition64
 Date de prélèvement01/03/1991

ORIGINE GEOGRAPHIQUE

ContinentAFRIQUE
 PaysTCHAD
 Longitude-015°38
 Latitude+13°10

NATURE DE L'ECHANTILLONFourrage naturel ligneux
 a 091201 Leptadenia pyrotechnica (Forsk.) Decne. 100%

TOPOGRAPHIEPlateau

SOLS

TypeSols bruns et châtaîns des zones arides
 Texturesableux
 Hydromorphienulle, sol drainant bien

SAISONMilieu saison sèche

CLIMATOLOGIE

Pluviométrie :

Régime des pluiesunimodal
 Mois de début et de fin de saison des pluies06,0/09,0
 Moyenne des pluies annuelles : période 10400 mm
 Pluies totales de l'année climatique en cours0235 mm
 Date des premières pluies efficaces30/06/1990
 Date dernière pluie25/09/1990
 Pluies des deux derniers mois0162 mm
 Nom de la stationMASSAKOR

TYPE DE VEGETATION

Naturellesteppe arbustive
 Lié à l'activité humainejachère

AMENDEMENTS - PRECEDENT CULTURAL - FERTILISATION - IRRIGATION

TYPE D'EXPLOITATION HABITUEL

Pâturage contrôlé

NATURE ET DEVELOPPEMENT DES PLANTES ETUDIES

Pourcentages approximatifs : autres dicotylédones100%
 Stade de développement :
 Dicotylédones, feuillaisonabsence de feuilles
 reproductionfleurs et fruit

DESCRIPTION DES ECHANTILLONS

Type de coupearraché à la main
 Hauteur de coupe par rapport au sol150 cm
 Tiges chlorophylliennes100%

ETAT ET CONDITIONNEMENT DES PRELEVEMENTS

Poids vert1000 g
 Séchageà l'étuve
 Durée12 H
 Température060°C
 Broyage (maille de la grille)01 mm
 Etat des échantillons expédiésbon

Tableau V.2 - Description des organes végétaux échantillonnés

- . Organe indéfini	00	| | | | | | |
. Organe souterrain	10	
. Plante aérienne entière	20	
. Feuilles		
indéfinies	30	
vertes	31	
tombées au sol et/ou sèches	32	
jeunes	33	
développées	34	
âgées	35	
basales de graminées	36	
. Tiges		
indéfinies	40	
chlorophylliennes	41	
fines, rameaux de l'année non chlorophylliens	42	
grosses	43	
. Pédoncules	44	
. Fleurs	50	
. Fruits (gousses, akènes, drupes, baies)		
indéfinis	60	
jeunes en croissance	61	
vert	62	
à maturité sur la plante	63	
à maturité au sol	64	
à maturité sans graine (pulpes, coques)	65	
. Graines	70	
. Ecorce	81	
. Bois	82	
. Sciure	83	
. Sève	90	

Tableau V.3 - Répartition géographique, utilisation fourragère et étude analytique ou expérimentale des espèces ligneuses d'Afrique centrale et occidentale étudiées dans le cadre du projet ST2/215 (exemples)

- . 1 - présentes
- 2 - réputées fourragères dans la région
- 3 - récoltées et distribuées aux animaux
- . introduites et/ou cultivées
- . Travaux réalisés (min.) - Travaux prévus ou en cours (maj.) :
 - a A pépinières - plantations
 - b B phénologie - productivité
 - c C analyses
 - d D digestibilité *in vivo*
 - e E essais d'alimentation

* = a+b+c+d+e

Cameroun

Ba : Bamenda
 Ya : Yaoundé
 Ng : N'Gaoundéré
 Ga : Garoua
 Ma : Maroua

Côte d'Ivoire

Ab : Abidjan
 Bo : Bouaké
 Ko : Korhogo

Mali

Ni : Niono
 Ba : Bamako
 Go : Gourma

Sénégal

Vi : Vindou Tiengoli
 Ferlo Do : Doli
 Da : Dahra
 TK : Thysse Kayemor
 Ta : Tambacounda
 K : Kolda

Tchad

Ou : Ouaddaï
 Bt : Batha
 Ka : Kanem
 Ba : Bachoum
 Nd : N'djamena
 DB : Dourbali-Bokoro
 Be : Bebedja

Tableau V.3 - (suite)

		Cameroun					Cote d'iv.			Mali			Sénégal							Tchad						
		Ba	Ya	Ng	Ga	Ma	Ab	Bo	Ko	Ni	Ba	Go	Vi	Do	Da	Tk	Ta	K	Ou	Bt	Ka	Ba	Nd	Db	Be	
b 007903	Boscia octandra				1	1				1	1	2	2		1	DE			1	1		1	1	1		
007901	Boscia salicifolia											1			2				1	1			1			
a 007903	Boscia senegalensis				2	1				1	1	2	2		1	DE			1	1		1	1	1		
071001	Boswellia dalzielii				1	1																				
071003	Boswellia sacra																									
a 096001	Breonadia salicina										1															
036506	Bridelia ferruginea			2	1			BC	BC		1			2				1								
036504	Bridelia micrantha						1				1							1								
036507	Bridelia ndellensis			2																						
036501	Bridelia scleroneura				1						1															
036503	Bridelia speciosa			2																						
049301	Burkea africana			1	1			1			1															
a 080901	Butyrospermum paradoxum			1	2	1		2	2		1					1									1	
d 080901	Butyrospermum parkii			1	2	1		2	2		1					1									1	
060211	Muxus hildebrandtii																									
020801	Syrsanthus brownii																									
074301	Syrsocarpus coccineus																									
007402	Cadaba farinosa									1	1	1	2	2	2							2	2			
007401	Cadaba glandulosa									1		2		2	2											
007405	Cadaba heterotricha																									
007404	Cadaba longifolia																									
007403	Cadaba rotundifolia																									
049102	Caesalpinia erianthera																									
055801	Cajanus cajan		2		2	2		2		2	2				2		1						2	1		
141301	Calamus deerratus						1			1	1	ABC														
069301	Calotropis procera				1	1		1	1	1	1	1	1	2	2	2	DE	2		1	1	1	1	1	1	

Tableau V.4 - Nombre d'espèces ligneuses présentes sur les parcours, fourragères et étudiées dans le cadre du projet ST2/215

REPRESENTATIVITE DES ECHANTILLONS

NOMBRE D'ESPECES (≈)

650 INSCRITES AU "CATALOGUE"

230 PRESENTES DANS LES
PEUPELEMENTS ETUDIES

170 CONSOMMEES AU PATURAGE
DONT :

160 - POUR LEURS FEUILLES,

13 - POUR LEURS FLEURS,

46 - POUR LEURS FRUITS,

5 - POUR LEUR ECORCE.

24 OBJET D'UNE RECOLTE ET/OU
D'UN COMMERCE

60 UTILISEES (OU ETUDIEES)
POUR LE REBOISEMENT

TRAVAUX DE TERRAIN OU ZOOTECHNIQUES EFFECTUES SUR LES PRINCIPALES ESPECES FOURRAGERES.

170 ESPECES FOURRAGERES DONT :

. 95 ETUDIEES POUR LEUR PHENOLOGIE,
. 46 " POUR LEUR PRODUCTION,
. 58 " PAR DES ESSAIS SUR ANIMAUX :

. 28 IN VITRO
. 23 IN SACCO
. 40 IN VIVO
. 14 EN ESSAIS ZOOTECHNIQUES

7

AU TOTAL = 2771 ECHANTILLONS AVEC DES
EFFECTIFS VARIANT DE 1 A 80
POUR (ESPECE, ORGANE).

EN MOYENNE, 16 ECHANTILLONS PAR ESPECE.

2. CHOIX DES METHODES D'ANALYSES

Les résultats rapportés dans la bibliographie et ceux obtenus par les membres du programme avant le début des travaux indiquaient que la valeur nutritive des fourrages ligneux caractérisée par la digestibilité de la matière organique et celle des matières azotées était très variable (tableau V.5) et difficilement prévisible par de simples dosages de l'azote et des constituants pariétaux comme c'est habituellement le cas pour les fourrages.

En effet, il était connu que les lignines et les tanins, de natures chimiques diverses et répartis de façon variable dans les tissus, affectaient la digestibilité des fourrages ligneux.

Les analyses à réaliser dans le cadre du projet ST2/215 comprirent donc dès le début des fractionnements des parois et des matières azotées suivant leur solubilité chimique. Ces paramètres devaient être mis en relation avec les dégradabilités enzymatiques de la matière organique et de l'azote exposées dans ce chapitre ainsi qu'avec leurs digestibilités *in vitro* (gastest de Hohenhein), *in sacco* et *in vivo* traitées dans les chapitres suivants.

2.1. Analyses chimiques

2.1.1. Minéraux

Le dosage des minéraux n'était pas une priorité du projet quoique les apports par les ligneux de certains éléments majeurs ou oligo-éléments contribuent positivement à atténuer les risques de carences notamment en phosphore, cuivre, zinc et sodium particulièrement insuffisants dans les fourrages herbacés soudano-sahéliens (CIRAD-IEMVT, ministère de la Coopération, 1989). Toutefois, des dosages ont été effectués antérieurement au projet (CIRAD-IEMVT) et partiellement interprétés par famille ou espèce végétale et par zone géographique (Lefèvre, 1990).

L'ensemble des échantillons du projet reste disponible pour des investigations plus poussées sur la composition minérale : ce pourrait être le cas, par exemple, pour le sélénium dont les quelques dosages effectués ont montré que la concentration était très variable d'un échantillon à l'autre. Compte tenu des risques de carence en sélénium parfois évoqués pour l'Afrique subsaharienne (Mbwiria *et al.*, 1986), il pourrait être utile de déterminer les facteurs de variations botaniques, pédologiques, etc., des teneurs des végétaux en cet élément.

2.1.2. Constituants pariétaux

La cellulose brute de Weende (CB-AFNOR 1980) ne rend qu'imparfaitement compte de la teneur en parois indigestibles, principal facteur de variation de la digestibilité de la matière organique (DMO) (Jarrige, 1981).

Il est donc préférable de déterminer les teneurs en parois en appliquant le fractionnement de Van Soest (Van Soest et Wine, 1967) qui permet d'estimer les teneurs en parois totales (assimilées au Neutral Detergent Fiber-NDF), en lignocellulose (assimilée à l'Acid Detergent Fiber-ADF) et en lignine (Acid Detergent Lignin-ADL) (figure V.1).

Toutefois, pour une espèce et un organe donnés, la relation entre l'ADF et la CB est étroite et il est possible d'estimer assez précisément un paramètre en fonction de l'autre (figure V.2).

Tableau V.5 - Les fourrages ligneux : des aliments riches en matières azotées dans le contexte fourrager tropical mais de valeur alimentaire très variable

Teneurs en matières azotées des fourrages disponibles et consommés par les ruminants en saison sèche sous climat soudano-sahélien

	MAT en g/kg MS
Pailles de céréales	30
Pailles de graminées spontanées	30-40
Feuilles de céréales	45-55
Feuilles et fruits d'espèces herbacées diverses	50-70
Pailles de légumineuses spontanées	60-80
Fourrages cultivés	60-150
Feuilles d'arachides tombées au sol	100-130
Feuilles de ligneux	80-200

VARIABILITE DE VALEUR ALIMENTAIRE DES LIGNEUX

MAT : 60 à 230 g/kg MS (Matières azotées totales)

dMO : 30 à 75 p.100 (Digestibilité matière organique)

dMA : 14 à 82 p.100 (Digestibilité matières azotées)

Lignine, tanins, substances toxiques...

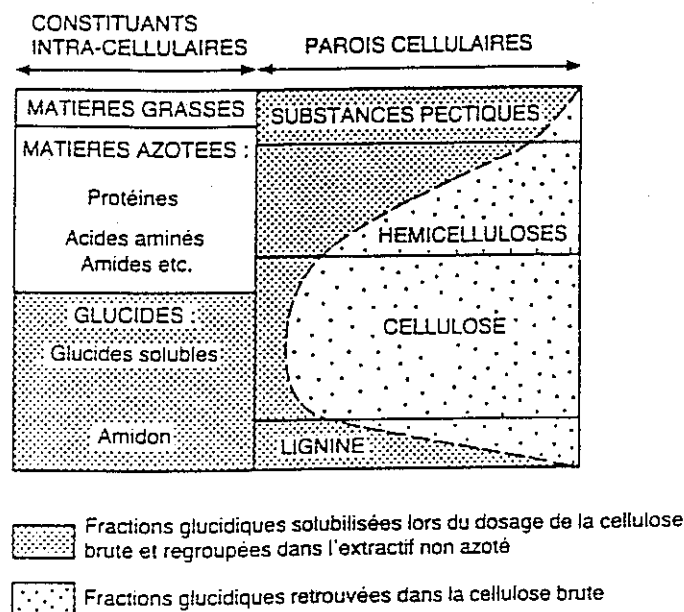
Minéraux : > herbacées

MSVI à l'auge : 25 à 90 g MS/kg $p^{0.75}$ (Matière sèche volontairement ingérée)

soit 300 à 1 150 g MS/mouton 30 kg ou chèvre.

Figure V.1 - Signification du dosage de la cellulose brute de Weende et du fractionnement des constituants pariétaux selon la méthode de Van Soest et Wine (1960)

- a) Schéma des constituants de la matière organique des aliments et de leur fractionnement par la méthode d'analyse classique (INRA 1988)

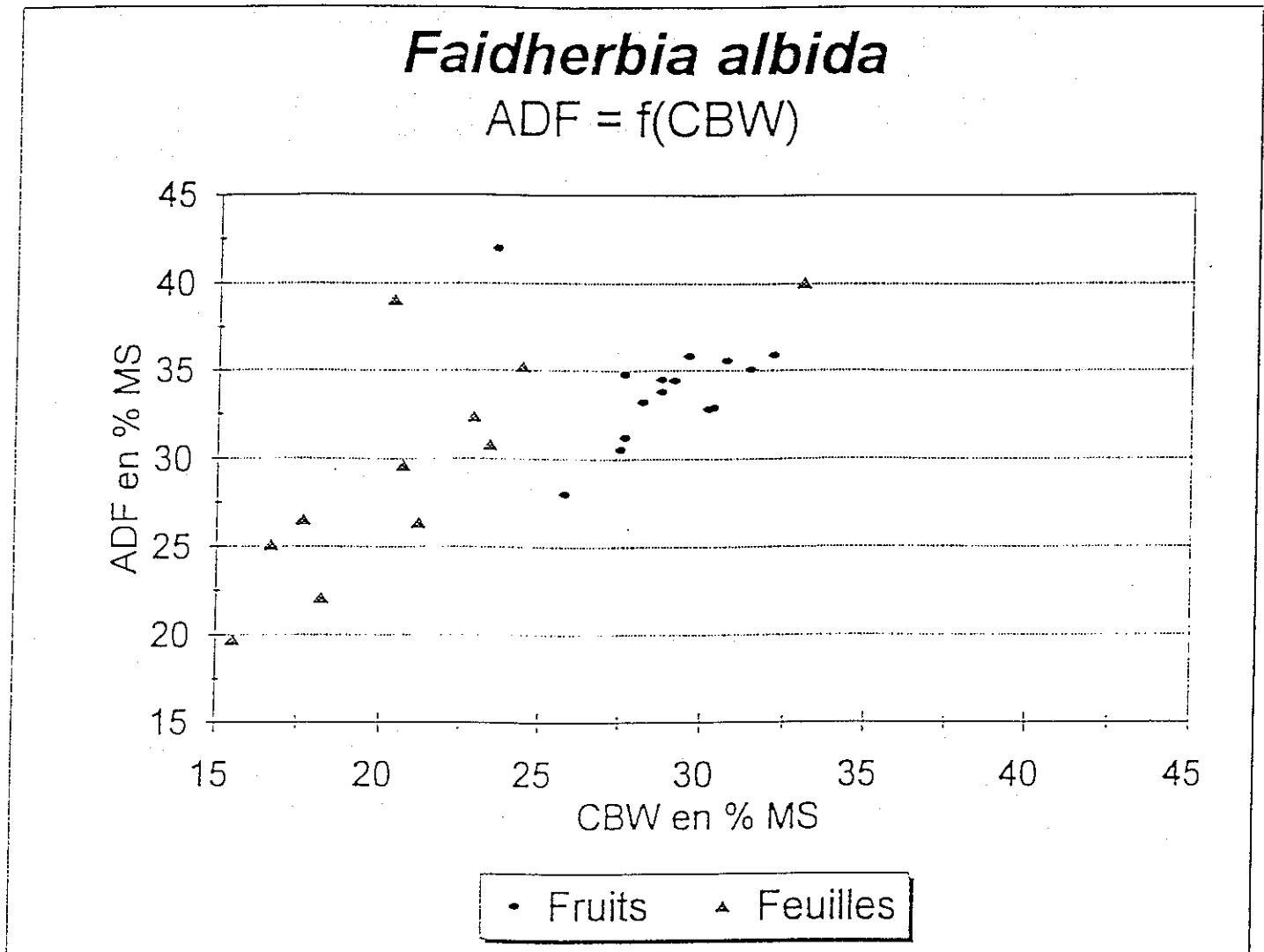


- b) Composition de la cellulose brute dite de Weende et de la ligno-cellulose (ADF) de Van Soest pour des graminées tempérées (Richard 1989, d'après Jarrige 1981).

(p.100)

	Cellulose brute		Ligno-cellulose "ADF de Van Soest"	
	teneur	Proportion du constituant par rapport à la teneur totale dans le fourrage	teneur	Proportion du constituant par rapport à la teneur totale dans le fourrage
Cellulose	70-90	50 à 90	55-65	quasi- totalité
Hémicellulose	5-10	20	10-20	15
Lignine	5-10	10 à 50	10-12	quasi totalité
Matières azotées	1-3		2-4	

Figure V.2 - Relation entre les teneurs en ADF et en cellulose brute de Weende des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* (exemple)



Les teneurs en hémicellulose et cellulose peuvent être approchées par les différences NDF-ADF et ADF-ADL respectivement.

Le fractionnement de Van Soest permet aussi d'estimer le degré de lignification des parois par les rapports ADL/NDF et ADL/ADF. Ces rapports sont très variables d'une espèce à l'autre pour les ligneux, ce qui explique d'ailleurs l'intérêt de la méthode de Van Soest par rapport à la méthode de Weende.

La figure V.3 et le tableau V.6 associé rendent compte des teneurs moyennes en constituants pariétaux des fourrages ligneux déjà analysés au CIRAD-EMVT avant le projet ST2/215 ainsi que de leur variabilité comparativement à celles des graminées et légumineuses herbacées.

2.1.3. Constituants azotés

La teneur en matières azotées totales (MAT) est un bon prédicteur de la digestibilité de la matière organique (DMO) des graminées tempérées et tropicales car les MAT diminuent quand les plantes se développent puis vieillissent, corrélativement avec l'accroissement des teneurs en parois indigestibles.

De même, la fermentescibilité dans le rumen de l'azote des graminées variant peu, sa digestibilité, et donc la teneur en matières azotées digestibles (MAD), sont précisément estimées par un simple dosage de l'azote total. Ce n'est pas le cas pour les fourrages ligneux (figure V.4).

Pour les dicotylédones tropicales, botaniquement très diverses, la digestibilité globale des matières azotées et la fermentescibilité dans le rumen sont très variables. Leur fractionnement chimique permet de prévoir ces variations :

- les matières azotées retenues dans les résidus après attaque par le détergent acide (Acid Detergent Solution) de la méthode de Van Soest, habituellement dénommées matières azotées résiduelles de l'ADF (MA adf), sont considérées comme un estimateur fiable des matières azotées non digestibles (MAND) (Mason, 1969). Elles ont systématiquement été dosées dans les échantillons ;
- les nouveaux systèmes d'évaluation de la valeur nutritive des matières azotées pour les ruminants nécessitent de déterminer la fraction disponible pour la flore microbienne : le premier système des PDI (Protéines vraies Digestibles dans l'Intestin) (INRA, 1978) reposait sur la mesure de la solubilité (S) par la méthode de Durand (Vérité et Demarquilly, 1978) qui caractérise la fraction azotée immédiatement disponible. Cette méthode a été progressivement abandonnée, car elle ne prend pas en compte la fraction protéique lentement, difficilement et/ou partiellement dégradable comme le permet la mesure *in sacco* (chapitre IX) qui sert de référence pour le calcul de la dégradabilité théorique des matières azotées (DT). (Vérité *et al.*, 1987). Néanmoins, la solubilité de l'azote a été mesurée sur 300 échantillons de fourrages ligneux et elle peut être comparée à d'autres mesures de dégradabilité (enzymatiques, *in vitro* - gastest de Hohenhein, ou *in sacco*).

Figure V.3 - Teneurs moyennes (p.100 MS) en constituants pariétaux des fourrages ligneux et de quelques espèces de graminées et légumineuses herbacées (Koné et al., 1989)

Les constituants pariétaux de 90 échantillons de feuilles et de gousses ont été déterminés par les méthodes de Weende et de Van Soest. Les feuilles de ligneux contiennent en moyenne moins de parois (NDF) que les fourrages herbacés mais plus de lignine (ADL). Les gousses de légumineuses sont intermédiaires. Les teneurs en constituants pariétaux sont très variables d'une espèce à l'autre (tableau V.6).

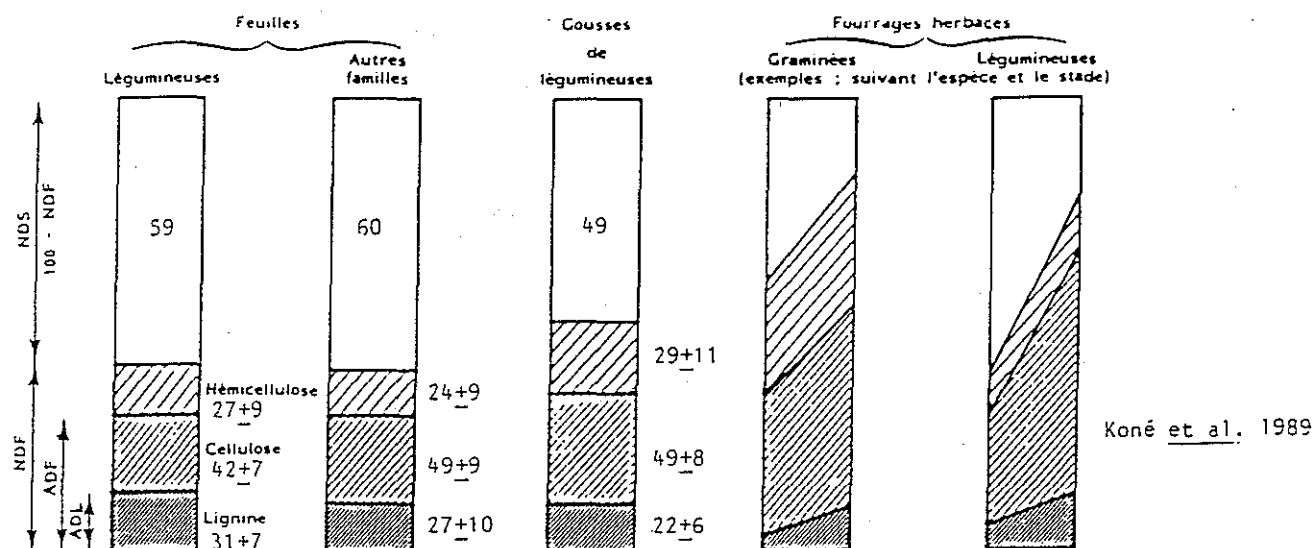
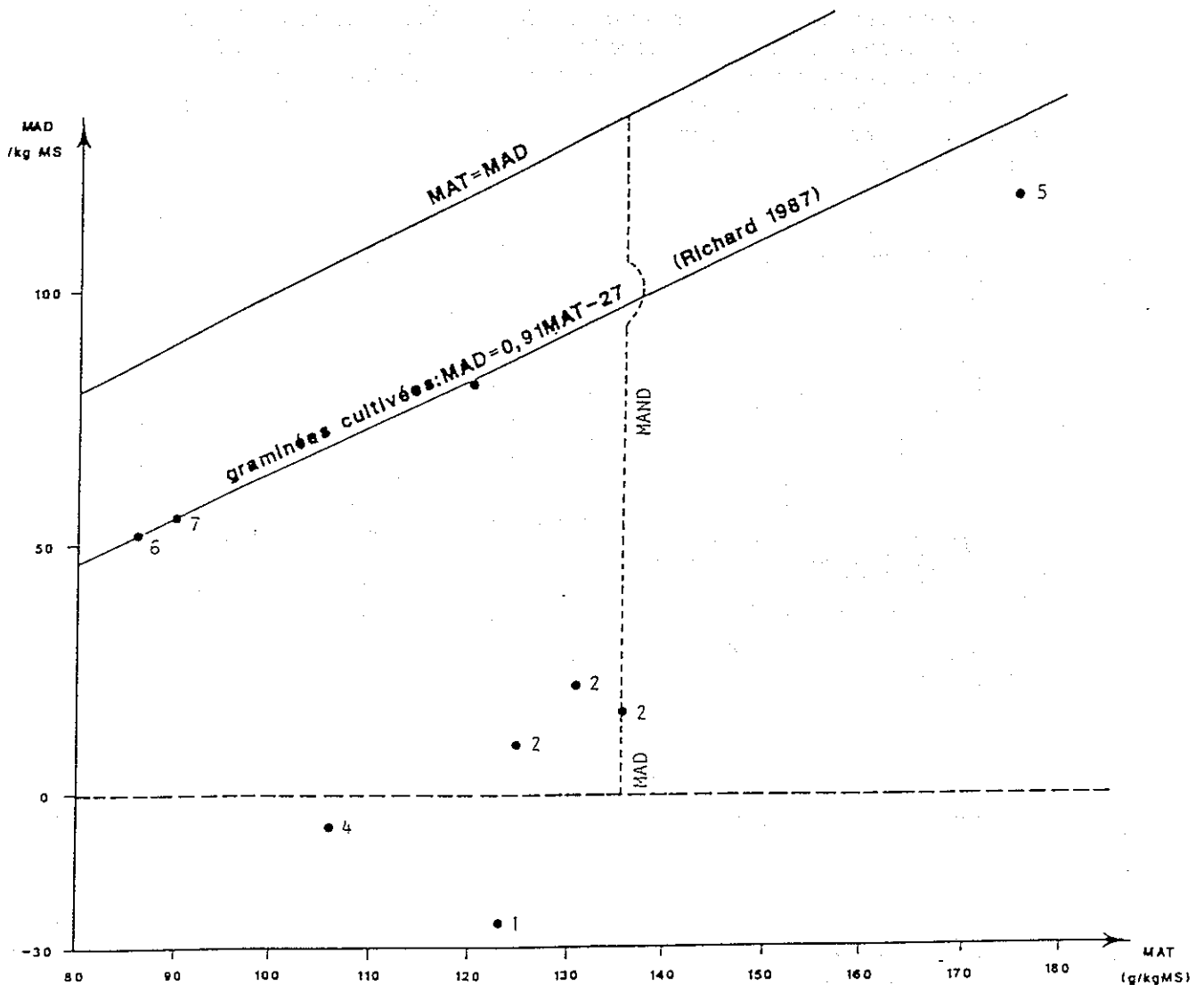


Tableau V.6 - Moyennes, écarts types (S) et valeurs extrêmes des teneurs en constituants pariétaux des fourrages ligneux (p.100 de MS) (Koné et al., 1989)

Constituants	Feuilles								Gousses de légumineuses			
	Légumineuses				Autres familles				n=12			
	\bar{x}	S	min	max	\bar{x}	S	min	max	\bar{x}	S	min	max
CB	23	5	10	32	22	6	9	35	27	7	15	38
NDF	41	9	17	54	40	9	21	62	51	12	25	67
ADF	30	7	15	44	30	7	16	48	35	10	18	49
ADL	13	4	5	21	11	5	3	23	11	4	5	18
Hémicell.	11	4	1	19	10	4	1	19	16	8	6	36
Cellulose	17	4	8	24	19	5	10	30	24	7	12	33

Figure V.4 - Teneurs en MAD en fonction des teneurs en MAT mesurées *in vivo* sur 9 espèces ligneuses. Régression entre les teneurs en MAD et en MAT pour 92 essais sur graminées cultivées (Koné *et al.*, 1989)



Remarque :

Dans cette figure on peut observer que les espèces 3-6-7 et, à un moindre degré, 5, ont des teneurs en MAD voisines de celles trouvées chez les graminées cultivées de même teneur en MAT. La digestibilité de leurs matières azotées est donc normale. Il n'en est pas de même pour les espèces 1, 2 et 4 dont les MAT sont très peu (espèce 2) ou pas digestibles (espèces 1 et 4)

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 <i>Acacia ataxacantha</i> | 5 <i>Leucaena leucocephala</i> |
| 2 <i>Acacia linarioides</i> | 6 <i>Piliostigma thonningii</i> |
| 3 <i>Combretum nigricans</i> | 7 <i>Piliostigma reticulatum</i> |
| 4 <i>Heeria insignis</i> | |

Comme pour les constituants pariétaux, la figure V.5 et le tableau V.7 donnent pour les échantillons disponibles avant le projet ST2/215, les teneurs moyennes et leurs variations, en matières azotées totales, ainsi que celles de leurs fractions solubles, liées à l'ADF et par différences celles insolubles mais non liées à l'ADF, considérées comme lentement digestibles.

Ces premiers résultats mettaient en évidence une moindre solubilité de l'azote des fourrages ligneux, comparativement à celui des herbacées et inversement une plus grande proportion de l'azote bloqué au niveau des parois. Ces paramètres apparaissent également très variables. Un des objectifs du projet était donc d'identifier et quantifier leurs facteurs de variation.

2.1.4. Matières grasses

La teneur en lipides, mesurée après extraction à l'éther, est en général faible (moins de 5 p.100 de la matière sèche) et stable pour les fourrages. Cependant, les feuilles de certaines espèces ligneuses et surtout leurs fruits peuvent en contenir plus de 10 p.100. Ce dosage a donc systématiquement été appliqué car les variations des teneurs en lipides ont un effet significatif sur la teneur en énergie brute.

2.2. Energie brute

L'expression de la valeur énergétique des aliments est basée sur leurs teneurs en énergie nette exprimée en joules ou en calories. Le paramètre initial est l'énergie brute. Celle-ci est transformée par l'animal en énergie digestible, métabolisable et nette avec des rendements variables. La teneur en énergie brute est fonction du pouvoir calorique de la matière organique de l'aliment, donc de sa composition chimique.

Des mesures de calorimétrie ont été effectuées sur 114 échantillons. A partir de celles-ci, des équations de prévision de la teneur en énergie brute ont été établies.

$$\begin{array}{cccccc} \text{EB} & = & 5,362 & \text{MAT} & + & 10,374 & \text{MG} & + & 4,917 & \text{CB} & + & 4,470 & \text{ENA} \\ (\text{kcal/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) \end{array}$$

$$n = 81 \quad \text{etr} = 245 \quad R^2 = 0,998$$

La précision est un peu améliorée en associant ADL au modèle :

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{EB} & = & 5,498 & \text{MAT} & + & 10,010 & \text{MG} & + & 4,370 & \text{CB} & + & 4,280 & \text{ENA} & + & 1,946 & \text{ADL} \\ \text{kcal/kgMO} & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) & & (\text{g/kgMO}) \end{array}$$

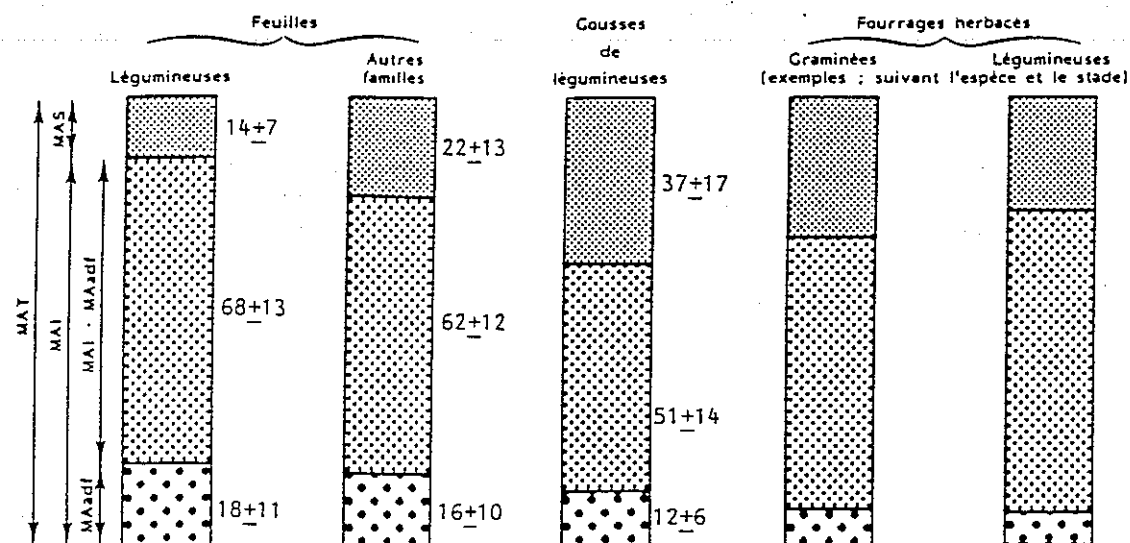
$$n = 81 \quad \text{etr} = 212 \quad R^2 = 0,999$$

Lefèvre et Guérin (non publié).

Elles s'apparentent à celle de Hoffman *et al.* (1971), mais la plus précise inclut la lignine comme paramètre supplémentaire.

Le surplus d'énergie apporté par la lignine n'étant pas digestible, les relations habituelles entre la digestibilité de la matière organique et celle de l'énergie (INRA, 1978 ; Richard *et al.*, 1990) ne sont probablement pas applicables. Il serait donc nécessaire de calculer parallèlement à la digestibilité *in vivo* de la matière organique (chapitre X), celle de l'énergie en mesurant le pouvoir calorique des fèces des animaux ayant reçu des rations à base de ligneux (Rumokoy, 1994).

Figure V.5 - Répartition moyenne des MAT des fourrages ligneux et de quelques espèces herbacées en matières azotées solubles (MAS), et liées à l'ADF (Koné *et al.*, 1989)



Les matières azotées totales (MAT), solubles (MAS) et résiduelles de l'ADF (MAadf) ont été dosées dans 90 échantillons de feuilles et de gousses de légumineuses et on a calculé les teneurs en matières azotées insolubles (MAI) et en matières azotées insolubles non liées à l'ADF (MAI-MAadf). Ces différentes fractions peuvent être assimilées à l'azote immédiatement disponible (MAS), à l'azote non soluble mais digestible (MAI-MAadf) et à l'azote indigestible (MAadf).

Les teneurs moyennes en MAT des fourrages ligneux sont de 13 p.100 mais avec des valeurs extrêmes de 3 et 22 p.100 de la matière sèche (tableau V.7).

L'azote des feuilles est en moyenne moins soluble (14 à 22 p.100) que celui des graminées tropicales (25 à 30 p.100). Comme pour les constituants pariétaux, les différentes fractions azotées sont très variables et une forte proportion des matières azotées est liée aux constituants pariétaux.

Tableau V.7 - Teneurs des ligneux (moyennes (\bar{X}) écarts types (S) extrêmes) en matières azotées totales (MAT) ; répartition de ces MAT en matières azotées solubles (MAS), en matières azotées insolubles (MAI) et en matières azotées contenues dans l'ADF (MAadf) (Koné *et al.*, 1989)

	Feuilles								Gousses de légumineuses			
	Légumineuses n=24				Autres familles n=54				n = 12			
	\bar{X}	S	min.	max.	\bar{X}	S	min.	max.	\bar{X}	S	min.	max.
p.100 M S :												
M A T	13	3	4	18	12	4	5	22	13	5	5	21
p.100 M A T :												
M A S	14	7	7	30	22	13	5	58	37	17	16	67
MAI	36	7	70	93	78	13	42	95	63	17	33	84
MAadf	18	11	6	58	16	10	2	42	12	6	4	23

2.3. Dégradabilité enzymatique

Les analyses chimiques (cf. ci-dessus § 2.1.) permettent d'estimer avec une précision variable les principaux paramètres de la valeur nutritive, DMO, DMA, DT dont les valeurs de références sont établies par des méthodes *in vivo* (chapitre X) ou *in situ-in sacco* (chapitre IX).

Les mesures de dégradabilité dans des préparations enzymatiques mimant, dans des conditions standardisées, l'action cellulolytique ou protéasique de la flore microbienne et celle des enzymes digestives permettent d'obtenir des estimations plus précises.

Deux méthodes ont été appliquées :

- la mesure de la dégradabilité de la matière organique par l'association de la cellulase et de la pepsine en milieu acide (0.IN) pour estimer la DMO (Aufrère, Michalet-Doreau, 1990) ;
- la mesure de la dégradabilité des matières azotées par la pronase (dMApro = DE 1) pour estimer la DT (Aufrère et Cartailier, 1988).

Dans un premier temps, les relations spécifiques aux fourrages ligneux pour passer des mesures de dégradabilité à la DMO ou à la DT ne sont pas disponibles. Elles nécessitent l'obtention d'un nombre suffisant de mesures sur l'animal (*in vivo*, *in situ-in sacco*).

Cependant les échantillons et les espèces peuvent provisoirement être classés suivant leur dégradabilité enzymatique dont les variations sont plus ou moins précisément expliquées par des critères chimiques (fractions pariétales et azotées, cf. ci-dessus, et tanins, chapitre VI). De plus, les mesures enzymatiques peuvent être reliées à des mesures de fermentation *in vitro* utilisant du jus de rumen, donc relativement proches des conditions physiologiques (cf. chapitre VII). Ces dernières, sans correspondre rigoureusement aux conditions physicochimiques et biologiques de la digestion, peuvent produire des estimations de digestibilité plus fiables que les méthodes chimiques ou enzymatiques puisqu'elles prennent en compte les effets des facteurs antinutritionnels sur les microbes du rumen.

3. RESULTATS

Au total, 2 964 échantillons ont été enregistrés et plus ou moins complètement analysés. Le tableau V.8 présente les nombres de résultats d'analyses chimiques et enzymatiques disponibles en fin de projet. Les dosages de tanins exposés au chapitre VI ainsi que les mesures *in vitro*, *in sacco* et *in vivo* ou en spectrométrie dans le proche infrarouge sont également mentionnés pour mémoire : ils donnent ainsi une vision relativement complète des informations disponibles sur les échantillons du projet.

Les résultats d'analyses (moyenne, maximum, minimum, écart type) sont présentés par espèce et par organe dans le volume annexe : tables de composition.

Des exemples généraux ou particuliers sont présentés ci-dessous pour illustrer les spécificités des fourrages ligneux par rapport aux autres types de fourrages ainsi que les facteurs de variation intra-famille ou intra-espèce de leur composition.

Tableau V.8 - Nombre de dosages chimiques, de mesures de dégradabilité ou de digestibilité et de mesures spectrométriques dans le proche infrarouge effectués sur les échantillons du projet ST2/215

2964 ECHANTILLONS		DEGRADABILITE ENZYMATIQUE	
ANALYSE CHIMIQUE		de la Matière Organique (pepsine cellulase)	1151
		de la Matière Azotée	1241
Matière Sèche Brute	774	DEGRADABILITE IN VITRO (Gas Test)	
Matière Sèche laboratoire	2414		
<u>Minéraux</u>		de la Matière Organique	
Cendres	2388		
Calcium	1219	de la Matière Azotée	
Phosphore total	1219		
Magnésium	990	DEGRADABILITE IN SACCO	
Potassium	999		
Cuivre	306	DIGESTIBILITE IN VIVO	
Zinc	306		
Cobalt	232	SPECTROMETRIE NEAR INFRARED REFLECTANCE	
Manganèse	306		
Fer	306	Nombre d'échantillons	1437
Sodium	178		
<u>Constituants pariétaux</u>			
Cellulose Brute de Weende	2069		
Neutral Detergent Fiber (Van Soest)	1690		
Acid Detergent Fiber (Van Soest)	1765		
Acid Detergent Lignin (Van Soest)	1746		
<u>Matières azotées</u>			
Matière Azotée Totale	2416		
Matière Azotée Soluble	301		
Matière Azotée liée à l'ADF	1557		
<u>Matière grasse</u>	1974		
<u>Energie brute</u>	114		
<u>Tannins</u>			
Totaux	28		
Condensés	105		
Précipitants :			
. Diffusion radiale	28		
. Dosage colorimétrique	594		
HPLC	26		

3.1. Diversité chimique des fourrages ligneux suivant leur origine botanique et géographique

La richesse de la flore ligneuse induit une très grande variabilité de la composition chimique et de la valeur nutritive. De même, l'importante différenciation anatomique et histologique des organes se répercute sur leur composition. Enfin, l'adaptation à un même milieu ou la "parenté" botanique n'entraînent pas de similitudes chimiques ou nutritionnelles. Les quelques exemples sélectionnés ci-dessous illustrent cette variabilité d'origine génétique.

3.1.1. Exemple des 16 principales espèces des parcours sahéliens de la région de Massakory au Tchad (d'après Ickowicz, 1994)

Le tableau V.9 extrait de Ickowicz (1994), résulte de la compilation des résultats d'analyse des échantillons collectés pendant trois ans sur quatre sites caractérisés par leurs sols et leurs types de végétation.

Les paramètres chimiques les plus importants, tels que les MAT (comprises entre 7 et 39 p.100 de MO) ou les constituants pariétaux (ADF compris entre 14 et 58 p.100 de MO) différencient fortement les espèces et se répercutent sur les dégradabilités enzymatiques.

A teneur en MAT égales, par exemple *Cordia sinensis* et *Salvadora persica*, deux genres peuvent se distinguer par leurs teneurs en parois (ADF, ADL) et leur dégradabilité enzymatique.

Il est possible d'observer des similitudes à l'intérieur d'un genre, par exemple *Acacia senegal* et *Acacia laeta*, qui d'ailleurs se confondent souvent sur le terrain, mais ce n'est pas la règle comme en témoignent les teneurs en MAT des feuilles d'*Acacia seyal* et d'*Acacia raddiana* qui sont moitié moindre de celles des deux premiers. La comparaison entre les espèces d'un même genre sera reprise ci-dessous (§ 3.1.2).

Les écarts entre organes sont également remarquables :

- les gousses de *Faidherbia albida* contiennent deux fois moins d'azote que les feuilles ou les tiges chlorophylliennes mais elles sont en revanche plus digestibles ;
- les fleurs d'*Acacia seyal*, très recherchées par les petits ruminants en saison sèche fraîche, sont aussi plus pauvres en azote que les feuilles, mais très digestibles et donc de haute valeur énergétique ;
- inversement les organes (feuilles, fleurs, fruits) de *Calatropis procera*, tous consommés, sont plus homogènes et de bonne valeur nutritive.

3.1.2. Exemple de quatre espèces de *Ficus* fréquentes sur les parcours guinéens et soudaniens (tableau V.10)

Les différences observées entre ces quatre espèces de *Ficus* sont moins importantes que celles mises en évidence précédemment sur les acacia. Leurs teneurs en MAT comprises en moyenne entre 10 et 15 p.100 de la matière sèche sont modestes et les teneurs en lignine (ADL) comprises en moyenne entre 6 et 13 p.100 ne sont pas excessives.

Tableau V.9 - Résultats des analyses chimiques, enzymatiques et valeurs nutritives estimées des échantillons de ligneux récoltés au Tchad entre 1990 et 1993. Moyenne et écart-type (e-t) en p.100 MO (Ickowicz 1994)

Espèces	Organe	N	MO	MAT	NPROT	MAADF	ENA	MGE	NDF	ADF	ADL	HEMIC	CELL	SMO	dMOgl	TANP	UFL/kgMS	MAD g/kgMS
Acacia albidia	feuille	1	87,8	18,6	4,8	4,7	48,8	4,5	50,0	40,3	18,8	9,7	21,4	50,4	53,9	1,70	0,60	82
	tige	1	90,4	19,8	3,2	0,3	30,7	5,4	67,5	63,5	37,8	4	25,7	26,1	30,9	0,8	0,45	52
	fruit	2	95,3	10,7	8,0	0,0	67,0	1,2	45,9	34,7	9,2	11,2	25,5	61,9	65,7		0,70	57
Acacia laeta	feuille	1	87,8	38,7	18,0	1,6	37,8	3,1	35,7	20,3	8,8	15,5	13,7	80,2	50,9		0,85	278
Acacia senegal	feuille	10	83,2	30,2	10,5	1,9	45,1	4,2	37,9	21,8	7,8	18,1	13,9	77,1	57,1	0,03	0,60	104
	e-t		8,1	4,0	2,8	0,8	5,1	1,3	8,2	3,4	1,8	8,8	2,2	6,7	6,6	0,08	0,00	46
Acacia seyal	feuille	1	92,1	18,7	4,4	1,1	65,4	4,3	23,9	14,7	5,2	9,2	9,5	74,8	57,9	11,80	0,87	117
	fleur	1	93,6	10,1	4,5	0,4	78,3	2,8	17,5	12,5	3,4	5,0	9,2	90,0	77,3	4,94	0,98	48
	fruit	1	93,9	19,2	8,1	1,2	49,9	3,8		29,5	8,1		21,4	59,8	58,7	3,77	0,68	123
Acacia reddiana	feuille	2	79,7	17,7	4,0	3,2	54,1	8,7	42,2	31,0	14,5	10,4	17,4	43,1	52,0	2,48	0,53	78
	fruit	1	94,9	16,8	8,2	1,1	57,0	2,8	37,8	26,0	6,5	11,8	19,6	59,7	59,7	1,60	0,70	104
Balanites aegyptiaca	feuille	10	82,8	18,9	9,2	1,7	52,7	4,5	37,4	27,3	13,8	10,1	13,5	71,4	59,8	0,00	0,84	102
	e-t		1,9	3,0	1,8	0,4	5,3	1,2	3,5	2,9	1,5	1,8	2,5	3,5	3,0	0,00	0,04	28
Bauhinia rufescens	feuille	1	88,8	19,2	5,8	2,6	57,5	3,4	43,0	27,5	9,0	15,5	18,4	49,9	51,8		0,55	105
	fruit	1	95,5	12,4	3,8	2,0	49,8	2,1	64,2	42,8	14,3	21,4	28,5	33,9	38,5		0,38	57
Boea senegalensis	feuille	26	89,2	24,8	13,0	1,2	43,7	2,8	47,8	30,7	11,5	16,8	19,2	60,1	53,7	0,00	0,57	165
	e-t		2,4	4,7	3,3	0,2	3,8	0,6	5,8	3,0	1,0	3,8	2,7	6,4	2,2	0,00	0,03	45
Calotropis procera	feuille	5	77,8	20,9	10,9	1,1	48,4	8,5	30,2	31,8	11,8	< 0	20,2	89,8	89,8	0,00	0,77	116
	fleur	1	85,4	15,2	7,7	0,7	63,9	3,0	25,0	23,4	5,5	1,8	17,9			0,00		83
	fruit	1	85,7	17,3	10,2	1,3	49,2	9,9	35,8	29,8	4,2	5,8	25,7	85,8		0,00		96
Capparis decidua	tige	20	91,6	17,1	9,9	1,5	39,8	1,8	65,4	45,1	14,1	20,2	31,0	43,9	48,3	0,00	0,48	98
	e-t		1,1	4,8	3,7	0,3	2,8	0,4	9,3	7,9	3,9	3,8	4,8	12,8	7,2	0,00	0,00	42
Commiphora africana	feuille	1	82,5	22,1	4,0	8,1	57,2	2,9	55,0	52,7	30,5	2,3	22,2	38,5	49,0		0,52	77
Cordia sinensis	feuille	14	80,3	22,2	8,4	7,3	48,8	3,5	60,8	56,4	24,4	2,3	34,0	38,4	51,5	0,20	0,50	82
	e-t		4,5	5,5	2,9	1,8	2,8	1,2	8,1	8,5	4,9	3,8	4,9	7,7	4,4	0,10	0,08	49
Hyphaene thebaica	feuille	18	89,9	7,8	3,3	1,7	47,4	1,8	72,0	49,5	11,8	22,5	37,8	25,5	34,1	2,32	0,30	13
	e-t		2,2	1,0	0,5	0,3	3,5	0,3	4,1	2,5	1,4	3,4	1,9	5,3	2,1	0,52	0,03	10
Leptadenia pyrotechnica	tige	9	91,2	10,3	4,1	1,3	32,2	5,7	63,9	55,2	15,8	8,7	39,8	49,2	51,4	0,00	0,58	40
	e-t		0,4	1,7	0,9	0,2	3,0	1,1	4,0	2,5	1,1	3,0	2,3	5,5	5,5	0,00	0,08	14
Salvadora persica	feuille	28	85,3	22,1	11,9	1,2	50,3	2,7	38,1	22,0	5,2	14,1	18,9	88,8	79,3	0,00	0,71	108
	e-t		3,8	2,9	2,3	0,8	3,4	0,8	4,2	2,8	0,7	3,5	2,4	3,7	2,7	0,00	0,08	21
Ziziphus mauritiana	feuille	10	85,2	15,5	3,0	2,8	61,3	5,1	40,3	30,6	13,1	9,7	17,5	55,8	81,9	2,50	0,54	70
	e-t		6,4	1,0	1,0	1,1	2,8	1,7	8,1	8,8	5,4	2,4	4,3	9,0	5,0	1,00	0,08	14

Tableau V.10 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique des feuilles de quatre espèces de *Ficus* de pâturages guinéens et soudaniens

	Unités	Ficus exasperata			Ficus sycomorus			Ficus thonningii			Ficus sur Forsk		
		N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.
<u>Matière Organique</u>	% MS	8	76	3	26	79	6	2	86	3	20	83	5
<u>Constituants pariétaux :</u>													
. Cellulose Brute	% MS	8	18	2	23	17	2	1	27		17	16	3
. Neutral Detergent Fiber	% MS	8	39	4	24	41	5	2	43	8	16	42	6
. Acid Detergent Fiber	% MS	8	28	4	24	33	8	2	32	9	16	35	6
. Acid Detergent Lignin	% MS	7	6	1	24	10	6	1	11		16	13	5
. ADL/ADF	% ADF	7	22	4	24	29	10	1	29		16	36	10
<u>Matière Azotée</u>													
. Totale	% MS	8	15	3	30	10	3	2	12	1	20	10	2
. Dégradable par la Pronase 1H	% MAT	8	21	4	17	16	5	1	35		14	17	7
. Liée à l'ADF	% MAT	8	13	3	24	30	19	2	17	10	18	34	13
<u>Dégradabilité de la Matière Organique</u>													
. par la Pepsine Cellulase	% MO	3	75	8	15	56	5				12	45	4
. estimée in vitro par le Gastest	% MO	6	61	3	20	54	5	1	59		14	18	7
<u>Tannin précipitant la séroalbumine bovine</u>	% MS	5	0,0	0,0	25	2,3	1,6				5	3,6	2,3
<u>Matière Grasse</u>	% MS	8	2,3	1,4	23	2,4	0,6	1	2,8		17	3,4	2,2

Toutefois la lignine, le fractionnement des matières azotées et les tanins précipitant les protéines permettent d'interpréter (qualitativement) les écarts de dégradabilité enzymatique en particulier celle de la matière organique : *Ficus exasperata*, le moins lignifié, sans tanins et avec des MAT peu liées aux parois est le plus digestible tandis que *Ficus sur forsk* a les caractéristiques inverses.

Si l'on examine la composition de ces espèces dans les principaux pays où elles ont été prélevées (tableau V.11) on observe quelques différences de composition notamment au niveau des teneurs en tanins, mais elles sont beaucoup plus faibles que celles liées à l'espèce et elles ne peuvent être reliées à des écarts de dégradabilité.

3.1.3. Composition des feuilles et gousses de *Faidherbia albida*

L'examen global des compositions chimiques et des dégradabilités enzymatiques des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* (tableau V.12) met en évidence certaines différences dont certaines inattendues :

- les gousses contiennent plus de fibres que les feuilles, mais les parois des feuilles sont plus lignifiées ;
- les teneurs en matières azotées des feuilles sont un peu plus élevées mais elles sont moins disponibles que celles des gousses. Cela est à relier à des teneurs en tanins plus importantes et à une plus forte proportion de l'azote au niveau des parois dans les feuilles ;
- globalement, la matière organique des gousses est plus digestible que celle des feuilles.

Ces observations très générales ne doivent pas occulter une forte variabilité (cf. les écarts types) à l'intérieur de chaque groupe d'échantillons.

Les tableaux V.13 et V.14 tentent de mettre en évidence des différences liées au pays d'origine, à la date de récolte, à la situation topographique. Certaines apparaissent clairement comme la plus forte teneur en MAT en début de feuillaison (16 p.100 de MS de novembre à janvier en moyenne avec des maxima de 18 p.100, contre 11 à 14 p.100 de février à avril).

D'autres plus sensibles méritent d'être approfondies comme une teneur en MAT un peu plus faible et une teneur en lignine plus élevée en bas de pente comparativement au haut de pente à la station de Watinoma où Depommier a effectué ses prélèvements : ces écarts seraient à relier à d'éventuelles différences de sol et surtout de vitesse de croissance des feuillages.

Les gousses (tableau V.14) sont disponibles sur une durée plus brève que les feuilles et la comparaison de périodes est sans objet. La comparaison des pays d'origine des prélèvements ne permet pas non plus de constituer des groupes homogènes.

Tableau V.11 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique des feuilles de *Ficus sycomorus* et de *Ficus sur forsk* suivant leur origine géographique

	Unités	Ficus sycomorus									Ficus sur Forsk					
		Côte d'Ivoire			Mali			Cameroun			Côte d'Ivoire			Mali		
		N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.	N	Moy.	E.T.
<u>Matière Organique</u>	% MS	14	78	7	6	81	4	4	79	6	15	81	5	3	87	7
<u>Constituants pariétaux :</u>																
. Cellulose Brute	% MS	13	17	2	6	17	2	4	17	2	13	15	1	3	20	5
. Neutral Detergent Fiber	% MS	14	41	4	6	41	6	4	39	9	13	41	5	3	44	9
. Acid Detergent Fiber	% MS	14	35	8	6	31	6	4	32	8	13	35	6	3	34	10
. Acid Detergent Lignin	% MS	14	12	7	6	7	3	4	9	6	13	13	4	3	12	10
. ADL/ADF	% ADF	14	32	11	6	23	4	4	27	10	13	38	8	3	31	20
<u>Matière Azotée</u>																
. Totale	% MS	14	9	2	6	11	2	8	11	4	15	10	2	3	12	4
. Dégradable par la Pronase III	% MAT	10	16	6	5	16	5	2	15	4	12	16	6	2	25	6
. Liée à l'ADF	% MAT	14	35	21	6	19	9	4	25	17	15	37	11	3	18	15
<u>Dégradabilité de la Matière Organique</u>																
. par la Pepsine Cellulase	% MO	8	56	5	5	56	5	2	53	2	10	46	3	2	39	9
. estimée in vitro par le Gastest	% MO	8	52	6	6	56	3	4	55	7	10	17	4	2	20	18
<u>Tannin précipitant la séroalbumine bovine</u>	% MS	10	3,2	1,4	6	1,9	1,2	9	1,6	1,8	3	2,2	1,5	2	0,8	5,2
<u>Matière Grasse</u>	% MS	13	2,4	0,3	6	2,2	0,8	4	2,7	1,0	13	3,6	2,5	3	2,5	0,5

Tableau V.12 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique ou *in vitro* des feuilles et gousses de *Faidherbia albida* échantillonnés dans le cadre du projet ST2/215

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	FEUILLES					GOUSSES				
	Ensemble des échantillons					Ensemble des échantillons				
	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N	Moy.	E.T.	Min.	Max.	N
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE										
<u>Matière Organique</u>	90	2	85	94	43	96	0	94	97	42
<u>Constituants pariétaux :</u>										
.Cellulose Brute	21	5	16	33	11	29	2	24	32	15
.Neutral Detergent Fiber	39	4	31	49	32	45	7	37	67	15
.Acid Detergent Fiber	29	4	20	40	42	34	4	25	42	35
.Acid Detergent Lignin	14	3	8	22	42	9	1	6	12	35
.ADL/ADF %	48	5	35	55	42	26	3	21	32	35
<u>Matières Azotées :</u>										
.Totales	13	2	10	18	43	11	2	6	15	42
.Dégradables par la Pronase	3,3	0,8	1,9	6,9	40	6,7	1,7	2,4	10,5	31
.Dégradables par la Pronase *	26	8	14	66	40	63	13	41	99	31
.Liées à l'ADF	2,7	0,8	1,6	5,2	41	1,1	0,3	0,7	1,7	33
.Liées à l'ADF *	22	5	10	34	41	11	3	6	19	33
<u>Tannin précipitant la seroalbumine bovine</u>	2,8	1,3	0,4	4,5	9	0,7	0,3	0,2	1,3	11
<u>Matière Grasse</u>	5,8	1,8	0,4	10	42	1,3	0,6	0,7	4,9	41
<u>Dégradabilité de la Matière Organique :</u>										
.par la Pepsine Cellulase **	52	5	34	60	20	63	3	58	69	12
.production de gaz	24	6	15	31	10	39	5	29	46	9
.estimé <i>in vitro</i> par le gastest **	50	5	42	55	10	57	4	49	63	9

Tableau V.13 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique de feuilles et tiges chlorophylliennes de *Faidherbia albida* suivant le mois de récolte, le pays et, pour l'un d'entre eux, la station et la situation topographique

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	FEUILLES								TIGES CHLORO- PHYLLIENNES						
	Novembre à Janvier	Février			Mars	Avril			Janvier						
	SENEGAL MALI BURKINA TCHAD	BURKINA-FASO (1)			SENEGAL BURKINA TCHAD	BURKINA-FASO (1)			TCHAD						
		Watinoma				Dossi	Watinoma		Moy.						
		Moy.	E.T.				Moy.	E.T.							
	Moy.	E.T.	Haut pente Moy.	Bas pente Moy.	E.T.	Moy.	E.T.	Haut pente Moy.	Bas pente Moy.	E.T.					
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE															
N maximum	6		5	5	4	10		5	5		1				
Matière Organique	91	2,1	89	2,7	90	1,1	88	1,1	89	1,5	90	0,5	90		
Constituants pariétaux :															
.Cellulose Brute	22	2,7			20	3,1					27				
.Neutral Detergent Fiber	40	3,0	39	5,5	39	2,9	41	7,3	37	1,9	38	1,6	61		
.Acid Detergent Fiber	27	5,6	27	3,8	30	2,1	30	8,0	27	2,8	28	3,3	30	1,7	57
.Acid Detergent Lignin	12	3,6	12	2,3	15	1,5	15	5,0	14	1,7	13	1,8	16	1,1	34
.ADL/ADF %	42	5	49	2	50	2	50	4	50	3	47	3	52	2	60
Matière Azotée :															
.Totale	16	2,2	13	0,8	12	1,1	14	2,1	12	0,9	12	0,7	11	0,7	18
.Dégradable par la Pronase *	22	3,4	26	3,8	25	6,0	20	5,4	28	1,2	27	3,0	27	3,0	16
.Liées à l'ADF *	18	5,7	18	2,1	23	2,7	25	11	22	2,1	19	3,5	25	2,1	47
Tannin précipitant la seroalbumine bovine	2,9	1,2			2,9	0,8									0,5
Matière Grasse	3,7	1,1	6,2	1,4	6,2	1,1	5,3	1,7	6,2	1,3	7,5	1,7	6,8	0,8	4,9
Dégradabilité de la Matière Organique															
.par la Pepsine Cellulase **	50	2,2		52	2,0	48	10		54	4,3					26
.estimé in vitro par le gastest **	52	3,7				48	6,6								40

(1) échantillons prélevés par Depommier (IRBET/CIRAD-Forêt)

Tableau V.14 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique de gousses, de pulpe et de graines de *Faidherbia albida* suivant le pays et, pour l'un d'entre eux, la station et la situation topographique

En p.100 de la Matière sèche sauf * % Matière Azotée ** % Matière Organique	GOUSSES SECHES				GOUSSES								Pulpes des gousses (sans graines)	Graines
	Février		Mars		Moyennes par Pays									
	BURKINA-FASO				MALI		NIGER		SENEGAL		TCHAD			
	Watinoma (1)		Dossi (1)											
	Haut pente Moy. E.T.	Bas pente Moy. E.T.	Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		Moy. E.T.		MALI	
ANALYSES ET DÉGRADABILITÉ AU LABORATOIRE														
N maximum	5	5	10	21	3	4	12	1		1	1			
Matière Organique	96 0,2	96 0,1	96 0,6	96 0,6	96 0,4	96 0,2	96 0,4	96		95	96			
Constituants pariétaux :														
.Cellulose Brute				32		24	29 1,2	26		31	8			
.Neutral Detergent Fiber				48		67	43 1,8	37		44	21			
.Acid Detergent Fiber	31 4,2	32 2,4	36 3,8	34 4,0		42	34 1,7	28		35	16			
.Acid Detergent Lignin	8 1,0	9 1,1	9 1,9	9 1,6		9	9 1,0	7		9	4			
.ADL/ADF %	25 1	28 2	25 3	26 3		21	28 3	24		26	27			
Matière Azotée :														
.Totale	11 1,2	11 1,0	10 2,2	10 1,7	11 0,2	13 1,4	11 0,5	11		6	27			
.Dégradable par la Pronase *	58 1,9	53 6,3	74 14	62		65	60 12	69		42	71			
.Liées à l'ADF *	9 2,1	10 2,2	11 3,6	10 3,1			11 2,5	7		19	5			
Tannin précipitant la seroalbumine bovine				0,6			0,7 0,4	1,1		0,8	0			
Matière Grasse	1,3 0,2	1,2 0,1	1,1 0,2	1,2 0,2	1,4 0,0	2,2 1,8	1,0 0,2	1,3		2,5	2,5			
Dégradabilité de la Matière Organique														
.par la Pepsine Cellulase **				58			63 2,0	69		63	92			
.estimé in vitro par le gastest **				56	63		55 3,8	60		5	84			

(1) échantillons prélevés par Depommier (IRBET/CIRAD-Forêt)

En fait, une grande partie des écarts entre échantillons doit être due à des différences de composition anatomique :

- les tiges chlorophylliennes (tableau V.13), en proportions variables dans les échantillons de feuilles *sensu lato*, sont plus riches en fibres mais aussi en azote que les feuilles *stricto sensu* et leur azote est moins disponible alors que leur teneur en tanin est apparemment (un seul échantillon) plus faible ;
- les pulpes et les graines qui constituent les gousses ont des compositions très différentes : les fibres et les tanins sont surtout localisés dans la pulpe, alors que les graines contiennent la plus grande partie de l'azote et qu'elles sont très digestibles (tableau V.14).

Il est évident que les variations de proportions de limbes et de tiges d'une part, de pulpes et de graines d'autre part influencent fortement la composition des échantillons ou des fourrages ingérés par les animaux. Ces proportions dépendent certes de facteurs génétiques, mais aussi de facteurs de milieu qui déterminent le développement des plantes et aussi du comportement de l'animal ou du collecteur de prélèvement.

Ces exemples montrent combien les échantillons doivent être constitués et décrits avec précision pour que leur analyse fournisse une information optimale. Ils montrent aussi que l'échantillonnage doit être d'autant plus minutieux que l'objectif est fin : c'est le cas, par exemple, pour la recherche d'une variabilité génétique des espèces utilisées en agroforesterie.

Ces exemples sont aussi conformes à la variabilité mise en évidence au tableau V.9 par Ickowicz (1994). Les coefficients de variation des principaux critères analytiques intra espèce sont en moyenne de 20 p.100 mais ils peuvent être beaucoup plus élevés.

Le paragraphe suivant a pour but de décrire et, parfois, d'analyser ces variations pour quelques exemples.

3.2. Effet de la saison et du site de prélèvement sur la composition chimique et la dégradabilité enzymatique des fourrages ligneux

Remarque - Il est entendu ici par "site", la station de prélèvement à l'intérieur d'une région géographique ou agroclimatique. Il ne s'agit pas d'effectuer des comparaisons entre pays déjà évoqués au § 3.1., mais d'étudier l'effet d'une situation topographique (comme au § 3.1.3 ci-dessus) ou d'un faciès.

3.2.1. Variations mensuelles des teneurs en MAT des principales espèces du ranch de Niono au Mali (tableau V.15)

Ce tableau montre que, pour les treize principales espèces de cette station sahélienne, les teneurs les plus élevées en MAT sont enregistrées à la période de croissance foliaire maximale soit en saison des pluies. *Acacia senegal* est nettement plus riche en azote (plus de 300 g de MAT/kg MS) que les autres espèces qui se répartissent entre 120 et 200 g de MAT/kg MS.

Tableau V.15 - Teneurs en MAT (g/kg MS) des feuilles des principales espèces ligneuses des parcours du ranch de la SRZ de Niono - Mali suivant le mois de récolte (d'après Kassambara 1992)

	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Février	Mars	Avril
EPINEUX												
Acacia senegal	202	290	311	307	282	365	173	212	190	176		
Acacia seyal		177	162	159	138	146	133	126	154	146	151	
Balanites aegyptiaca	128	185	195	191	157	153	149	137	137	119	141	150
Dichrostachys cinerea	174	144	194	153	159	164	147	148	135	120		
Ziziphus mauritiana	106	187	131	148	133	140	135	136	137	119	153	125
COMBRETACEAE												
Combretum aculeatum	146		167	159	154	153	135	126	109	95		
Combretum fragrans	97	122	127	113	105	98	89	86		69	107	74
Combretum micranthum		246	197	187	168	172	140	104	111	138	89	
Guiera senegalensis	123	141	148	155	139	109	100	99	135	86	96	109
AUTRES ESPECES												
Pterocarpus erinaceus	180	135	149	179	159	165	162	140		97	170	162
Commiphora africana		147	170	177	120	145	132	110	133	123		
Feretia apodanthera			195	165	157	136	105	90	92	90		
Sclerocarya birrea	87	104	124	128	130	125	84	86	91	82	67	116

La saison sèche entraîne une baisse de 50 p.100 en moyenne de la teneur en MAT avec des minima qui se situent suivant les espèces entre décembre et mars en saison sèche fraîche. A cette période, le bétail dispose de feuilles âgées, souvent peu appréciées, de valeur azotée minimale.

Mars, avril, mai voient aussi la disparition complète des feuilles sur certaines espèces, toutefois d'autres telles que *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et le très apprécié *Pterocarpus erinaceus* assurent à cette période un minimum de complémentation azotée. Quelque temps avant les pluies et au début de celles-ci *Dichrostachys cinerea*, *Acacia senegal*, *Combretum aculeatum* fournissent un fourrage encore rare mais de bonne valeur nutritive qui aide les animaux à passer la période de soudure.

Pour mettre en évidence la complémentarité des espèces végétales sur les plans de la disponibilité et de la qualité, il serait utile d'associer ces variations de composition aux cycles phénologiques et aux variations saisonnières des préférences alimentaires des herbivores.

3.2.2. Variations saisonnières et suivant le site de la composition chimique et de la dégradabilité d'espèces sahéliennes au Tchad (Ickowicz 1994 : le texte qui suit lui est directement emprunté)

"L'origine des variations des critères analytiques d'une espèce peut être d'ordre génétique (variété, souche, individu) mais nous avons recherché quelle pouvait être la part de variation expliquée par la saison et le site écologique. Notre protocole d'échantillonnage a été établi pour nous permettre cette analyse sur sept espèces pour la saison, quatre pour l'effet site".

3.2.2.1. Variations saisonnières (Ickowicz 1994)

Pour réaliser cette analyse, nous avons eu recours à une méthode dérivée des séries chronologiques (ITCF 1992). Les méthodes classiques requièrent en effet une régularité d'échantillonnage que nous n'avons pas pu assurer pour des raisons déjà évoquées (cf. Thèse de Ickowicz, 1994).

Notre étude concernant uniquement les saisons sèches d'octobre 1990 à avril 1993, nous avons découpé la saison sèche en cinq périodes correspondant au rythme de prélèvement des échantillons :

- saison S1 : octobre - novembre
- saison S2 : décembre - janvier
- saison S3 : février - mars
- saison S4 : avril - mai
- saison S5 : juin - juillet

Nous avons ensuite créé cinq nouvelles variables logiques S1, S2, S3, S4 et S5 pour lesquelles chaque échantillon prend la valeur 0 ou 1 selon qu'il a été prélevé ou non à cette période, quelle que soit l'année de prélèvement.

L'étude statistique consiste ensuite, pour chaque espèce ligneuse, à réaliser une analyse de régression linéaire multiple en prenant chaque critère analytique (MAT, NDF, SMO,...) comme variable à expliquer et les cinq saisons comme variables explicatives.

Il faut cependant veiller à ne prendre que les échantillons provenant de sites sur lesquels les cycles phénologiques de l'espèce sont à peu près synchrones afin de ne pas introduire une variabilité intra-saison trop importante qui limiterait la sensibilité du test.

Le tableau V.16 présente les résultats de cette analyse. On y observe que, pour certains critères analytiques, aucun effet saison significatif n'a été identifié (MAadf, HEMIC) de même que pour deux espèces ligneuses (*Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*) :

- pour MAadf et HEMIC, ceci est pourtant à mettre en relation avec des variations intra-espèces généralement importantes de ces deux critères dont l'origine n'a donc pu être attribuée à un effet saison ;
- *Balanites aegyptiaca* est une espèce chez laquelle les critères analytiques sont assez stables avec des coefficients de variation voisins de 10 p.100 ;
- *Ziziphus mauritiana* présente au contraire des variations importantes (CV > 20 p.100) que l'on n'a pas pu attribuer à un effet saisonnier ;
- la lignification des parois (ADL/ADF) est un critère également peu variable sur nos échantillons (des feuilles en général) sauf pour les tiges de *Capparis decidua* où un effet saison significatif est observé ;
- les variations des critères analytiques du *Salvadora persica* sont généralement faibles (CV < 15 p.100), seul un effet saison sur la dMOgt a été identifié.

Tableau V.16 - Résultats de l'analyse de l'effet saisonnier sur la valeur des critères analytiques pour sept espèces ligneuses

Espèces	Eff	MAT	NPRO1	MAadf	ADF	ADL/ADF	HEMIC	SMO	dMOgt(*)
<i>Acacia senegal</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS
<i>Balanites aegyptiaca</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Boscia senegalensis</i>	25	***	***	NS	***	NS	NS	***	NS
<i>Capparis decidua</i>	20	***	***	NS	***	***	NS	***	***
<i>Cordia sinensis</i>	14	NS	*	NS	NS	NS	NS	***	NS
<i>Salvadora persica</i>	26	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
<i>Ziziphus mauritiana</i>	10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS : non significatif

(*) Chapitre VII

* : P < 0,05

** : P < 0,01

*** : P < 0,001

De ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

- certaines espèces ligneuses présentent une relative stabilité de leurs critères analytiques (*Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*) pour lesquels la saison paraît avoir pas ou peu d'effet ;
- d'autres espèces présentent des variations importantes pour lesquelles la saison a pu être identifiée comme facteur déterminant ;
- pour *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*, cet effet n'est pas démontré. L'effectif un peu faible (N=10) a pu limiter la sensibilité de l'analyse. D'autres études (Piot *et al.* 1980, Kone 1987) ont en effet montré des teneurs en MAT et parois sensiblement différentes (20 à 50 p.100) selon la date de récolte pour les deux dernières espèces ;
- les décalages interannuels des cycles phénologiques d'une espèce peuvent avoir également limité la sensibilité de notre analyse. En effet, nous avons regroupé par saison des échantillons prélevés sur trois années aux mêmes dates. Or, ce décalage peut avoir introduit une variance intra-saison importante. L'étude de l'effet saison, que l'on peut assimiler à un effet phénologie, devrait, pour être plus fine, s'appuyer sur les stades phénologiques. Mais la programmation de l'échantillonnage devient alors difficile à maîtriser car la phénologie est très dépendante des aléas climatiques. Des prélèvements à un rythme bimensuel sont à conseiller pour cet objectif.

Dans les cas où un effet significatif est identifié, il est possible, grâce à la procédure statistique utilisée, d'établir une équation de prévision permettant, pour chaque espèce ligneuse, d'estimer la valeur du critère analytique selon la saison. Le tableau V.17 donne ces équations.

On note que l'effet saisonnier est loin d'être négligeable. Les coefficients saisonniers de ces équations prennent en effet des valeurs comprises entre 5 et 15 p.100 de la matière organique (MO).

Les variations très fortes de SMO et dMOgt de *Capparis decidua* sont cohérentes avec celles des teneurs en parois et MAT. En revanche, les importantes variations de SMO d'*Acacia senegal* et *Cordia sinensis*, malgré la stabilité des autres critères, sont difficiles à expliquer. Un défaut de sensibilité de l'analyse peut être en cause (nombre d'échantillons trop faible, variations intra-saisons trop fortes).

Nous avons démontré un "effet saison" significatif pour certaines espèces ou critères analytiques mais observé que l'ensemble des variations n'étaient pas expliquées par ce facteur. Nous avons alors recherché un éventuel "effet site".

3.2.2.2. Variations en fonction du site écologique (Ickowicz 1994)

Cette analyse a été menée sur les espèces suivantes :

<i>Capparis decidua</i>	<i>Salvadora persica</i>
<i>Boscia senegalensis</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>

Une première approche a consisté, pour une espèce, à calculer, pour les différents critères, les moyennes par site des échantillons prélevés de 1990 à 1993 et de comparer ces moyennes. Elle s'est avérée insuffisamment sensible à cause des variations saisonnières intra-sites.

Tableau V.17 - Equations de prévision des critères analytiques en fonction de la période de saison sèche pour les ligneux étudiés au Tchad (en p.100 de M0)

Espèces	Boscia senegalensis	Salvadora persica	Capparis decidua	Acacia senegal	Cordia sinensis
Effectif	25	28	20	10	14
MAT r2 étr	20,7+(13,4 S1)+(4 S2)+(2,7 S3) (0,92) (1,43)	22,1	14,7+(9,5 S1)+(7,6 S2) (0,61) (3,15)	30,2	22,2
NPRO1 r2 étr	11,2+(8,4 S1)+(2,2 S2) (0,84) (1,41)	11,9	8,4+(6 S2) (0,52) (2,61)	10,5	5,4+(4,9 S4) (0,52) (12,1)
ADF r2 étr	30,8-(5,1 S1)+(2,8 S2) (0,70) (1,72)	22	49,2-(14,2 S1)-(13,5 S2) (0,66) (4,84)	21,8	58,4
ADL/ADF r2 étr	0,4	0,2	0,3-(0,1 S2) (0,51) (0,04)	0,4	0,4
SMO r2 étr	58,9+(11,8 S1)-(3,7 S2) (0,78) (3,28)	88,6	35,4+(21,7 S1)+(19,4 S2) (0,63) (8,50)	66,6+(13,1 S1)+(13,8 S2) (0,79) (3,50)	55,7-(22 S1)-(21,5 S2) (0,89) (2,89)
DMOgl r2 étr	53,7	79,4+(3,5 S2)-(3,8 S5) (0,51) (2,06)	43,2+(13,9 S1)+(19,3 S2) (0,94) (1,80)	57,1	51,5

S1: octobre-novembre

S2: décembre-janvier

S3: février-mars

S4: avril-mai

S5: juin-juillet

S1 à S5 prennent les valeurs 0 ou 1

Nous avons repris l'analyse en utilisant la méthode des couples appariés qui permet d'éliminer l'effet saison éventuel. Nous avons sélectionné pour chaque espèce les échantillons prélevés aux mêmes dates sur deux sites à comparer et calculé les différences à chaque date. Nous avons ensuite comparé la moyenne des différences à une moyenne nulle, moyenne théorique en cas d'identité des deux sites.

Cette méthode a limité le nombre d'analyses à cause des données manquantes (périodes sans prélèvements simultanés). Les résultats (tableau V.17) nous montrent que :

- le critère MAT est le plus sensible au site. C'est le cas pour *Capparis decidua*, *Boscia senegalensis* et *Ziziphus mauritiana* ; NPR01 est également sensible au site pour *Boscia senegalensis*. Ceci est un effet induit des variations de MAT avec le site car NPR01 (= dMApro1 = DE1) exprimé en p.100 de MAT ne présente pas de variations significatives avec le site ;
- pour les autres critères, aucun effet significatif n'a été trouvé sauf pour dMOgt chez *Capparis decidua* ;
- aucun "effet site" significatif n'a été démontré chez *Salvadora persica*.

Tableau V.18 - Effets sites significatifs ($p < 0,05$) observés sur des critères analytiques de quatre espèces ligneuses (en p.100 de MO)

		N	(B1-B2)	(B1-B3)	(B2-B3)	(B2-Ka)
<i>Capparis decidua</i> (tige)	MAT	6	-1,06	NS	NS	-
	dMOgt	5	-1,80	NS	NS	-
<i>Boscia senegalensis</i>	MAT	7	1,75	1,51	NS	-
	NPR01	7	1,14	1,27	NS	-
<i>Ziziphus mauritiana</i>	MAT	3	-	-	-	1,93

B1 : Bachoum 1 B2 : Bachoum 2
 B3 : Bachoum 3 Ka : Kardéri
 N : Nombre de couples analysés

Le tableau V.18 nous permet de noter que :

- l'effet site est très inférieur à l'effet saison, les valeurs étant de l'ordre de 1 à 2 p.100 ;
- selon l'espèce considérée, on peut observer ou non une différence entre site.

Ceci met en évidence que la valeur nutritive des ressources fourragères ligneuses d'un pâturage est dépendante de la saison alors que l'effet site paraît négligeable. L'ampleur des variations dues à la saison nécessite que l'on en tienne compte dans l'établissement d'un bilan fourrager. Des études complémentaires sur d'autres espèces ligneuses seraient utiles pour compléter ces résultats. Ceux-ci sont conformes, quant à l'amplitude des variations enregistrées et aux critères chimiques sensibles (MAT et parois)

aux conclusions d'études menée dans d'autres pays sur d'autres espèces (Piot *et al.* 1980, Kone 1987).

3.3. Relations entre quelques paramètres chimiques et de dégradabilité enzymatique caractérisant les fourrages ligneux (exemples)

3.3.1. Ensemble des résultats

L'examen global (ensemble des échantillons) des résultats analytiques permet de mettre en évidence l'étendue des variations et les liaisons entre paramètres. Il a été effectué en cours de programme pour vérifier la conformité des résultats avec les travaux antérieurs et leur cohérence en ce qui concerne les variations de digestibilité.

Le tableau V.19 confirme, par exemple, que la digestibilité enzymatique (deg MO dans le tableau) ou *in vitro* (gastest - exprimée par ME dans le tableau - chapitre VII) de la matière organique est peu liée à la teneur en azote total (N) et que la liaison est un peu plus étroite si on considère l'azote non lié à l'ADF ($N_{non\ adf} = ADIN$ dans le tableau). En revanche, les teneurs en parois ADF et ADL expliquent, de façon équivalente, 50 p.100 des variations de la dégradabilité enzymatique, mais seulement 25 à 30 p.100 de celles de la digestibilité *in vitro* (gastest). La dégradabilité enzymatique (SMO) est, parmi les paramètres étudiés, le meilleur prédicteur de la digestibilité *in vitro* (dMOgt).

Le tableau V.20 n'indique qu'un faible gain de précision quand les matières azotées dégradables sont prédites à partir de l'azote non lié à l'ADF ($N_{non\ adf}$) plutôt qu'à partir de l'azote total (N). On remarque aussi une liaison très étroite entre les mesures de solubilité (S - Verité et Demarquilly 1978) et les mesures de dégradabilité par la pronase, ce qui permet d'envisager des comparaisons d'échantillons, d'espèces etc. étudiées par des méthodes différentes.

Cette exploitation globale des résultats renseigne sur les règles de variation de la valeur nutritive et sur la pertinence relative des paramètres mesurés. En revanche, pour la mise au point d'équations de prédiction de la digestibilité ou pour hiérarchiser les espèces suivant leur intérêt fourrager, il est préférable de considérer des ensembles d'échantillons botaniquement homogènes ou encore de se limiter à un nombre restreint d'espèces présentes dans un milieu donné (cf. ci-dessous = § 3.3.2 et 3.3.3).

3.3.2. Feuilles et gousses de *Faidherbia albida*

La figure V.2 (§ 2.1.2) illustre les relations existant entre deux critères pariétaux.

Le but des analyses chimiques est, outre l'estimation des teneurs en nutriments bruts, la prédiction de leur digestibilité. La dégradabilité enzymatique sans être l'expression exacte de la digestibilité en est un estimateur correct. Les relations qui peuvent être établies entre composition chimique et dégradabilité enzymatique, surtout si elles sont en cohérence avec les mécanismes physiologiques de la digestion, sont utiles à l'élaboration des systèmes de prédiction de la valeur nutritive des aliments. Les exemples des figures V.6 à V.8 illustrent la démarche qui peut être appliquée aux espèces dont la composition et la valeur sont variables et nécessitent une évaluation individuelle des échantillons de fourrage :

- la teneur en ADF permet d'expliquer 87 p.100 des variations de la SMO si les échantillons sont clairement identifiés : feuillages ou gousses (figure V.6) ;

- dans l'ignorance ou le doute sur la nature exacte des échantillons on peut aussi prévoir la SMO en fonction de la teneur en ADL, mais la précision est alors moins bonne : 79 p.100 de variation expliquée (figure V.7) ;

- en revanche, la teneur en tanins précipitants quoique assez variable pour les feuilles (de 1,5 à 5 p.100 de MO) semble sans influence sur les variations (intra espèce) de leur dégradabilité enzymatique.

Tableau V.19 - Relation between chemical composition, enzymatic organic water degradability (DEGMO) (= SMO) and metabolisable energy (ME) predicted by gatestest

Means and variations

Variables	No	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
N x 6.25 (g/kg DM)	379	143	64	4	401
(N-ADIN)x6.25 "	173	122	69	9	385
ADF "	206	320	131	95	730
ADL "	192	121	67	13	374
degMO (= SMO) (%)	121	55	17	21	93
ME (kcal/kg DM)	342	1759	452	541	3128

Pearson correlations coefficients and residual standards deviations of determinations

Variables	N	N-ADIN	ADF	ADL	ME	degMO
ME (kcal/kg DM) R	0.42	0.50	-0.56	-0.54	1	0.77
s.r.d.						300
degMO (%) R	0.13	0.28	-0.75	-0.72	0.77	1
(= SMO) s.r.d.					12	

ADIN : acid detergent insoluble nitrogen (= N in ADF)

Tableau V.20 - Relations between chemical composition and enzymatique degradability of nitrogen

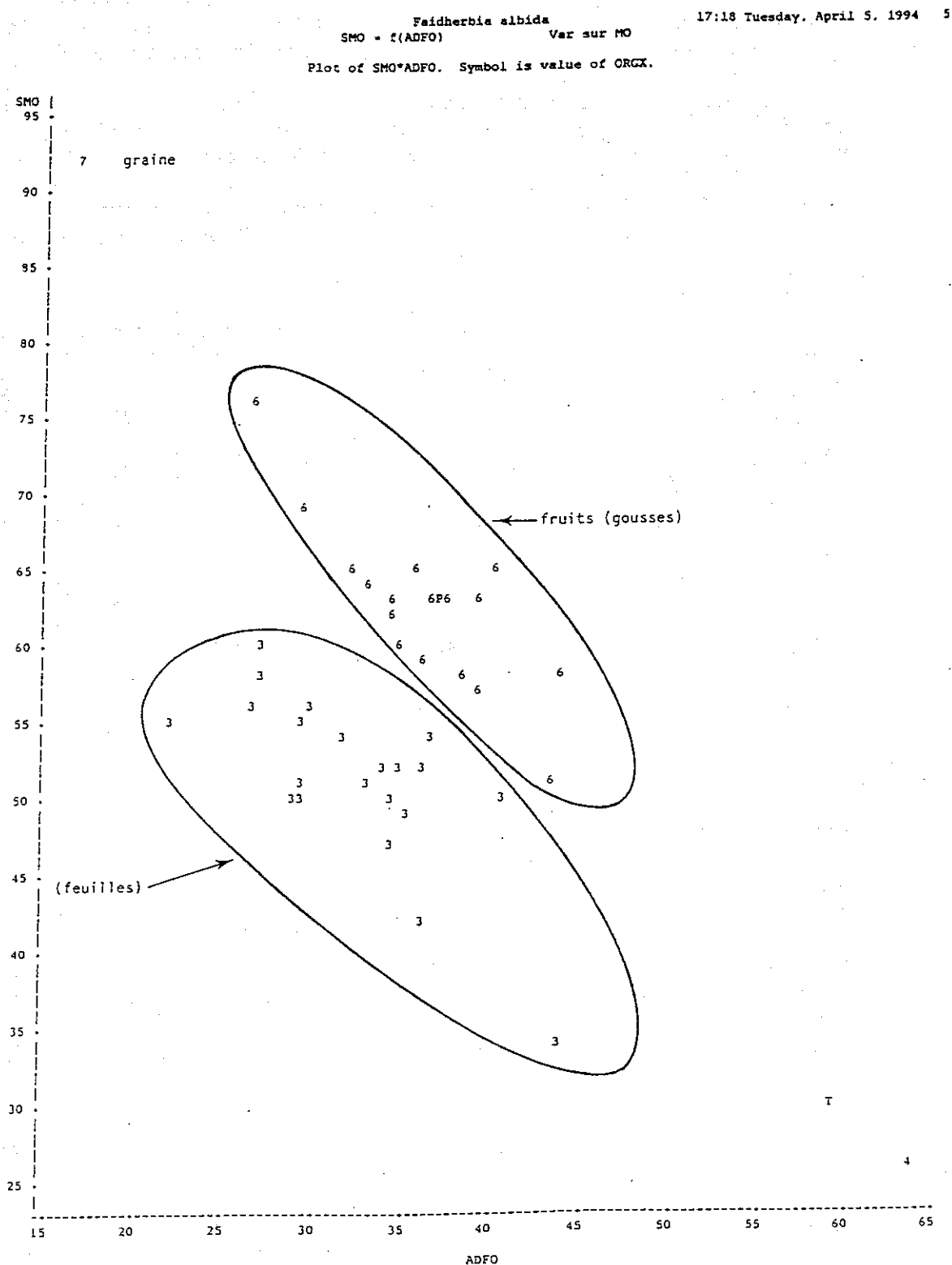
Means and variations

Variables	No	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
N x 6.25 (g/kg DM)	727	141	59	18	401
(N-ADIN)x6.25 "	675	117	60	3	385
ADF "	708	330	113	95	745
ADL "	691	129	64	9	400
NSoluble (%Total N)	300	24	14	4	67
Ndeg.pepsine "	187	57	21	7	95
Ndeg.pronase "	546	32	16	2	82
(Nx6.25)soluble (g/kg DM)	300	38	31	4	201
(Nx6.25)deg.pep. "	187	88	56	6	256
(Nx6.25)deg.pro. "	546	47	36	2	231

Pearson correlations coefficients and residual standards deviations of determinations

					N x 6.25		
g/kg DM	N	N-ADIN	ADF	ADL	sol	degpep	degpro
(Nx6.25)soluble R	0.72	0.75	-0.26	-0.30	1	0.79	0.95
s.r.d.							
(Nx6.25)deg.pep. R	0.84	0.89	-0.35	-0.33	0.79	1	0.88
s.r.d.		25					
(Nx6.25)deg.pro. R	0.75	0.82	-0.46	-0.46	0.95	0.88	1
s.r.d.		20			12		

Figure V.6 - Relation entre la teneur en ADF et la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase des principaux organes de *Faidherbia albida*



NOTE: 45 obs had missing values. 2 obs hidden.

$$SMO = 92 - 0.82 ADFO - \Delta$$

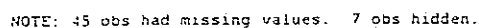
$\Delta = -14$ pour les feuilles

$\Delta = 0$ pour les gousses

N = 43 $R^2 = 0.874$ $etr = 3.5$

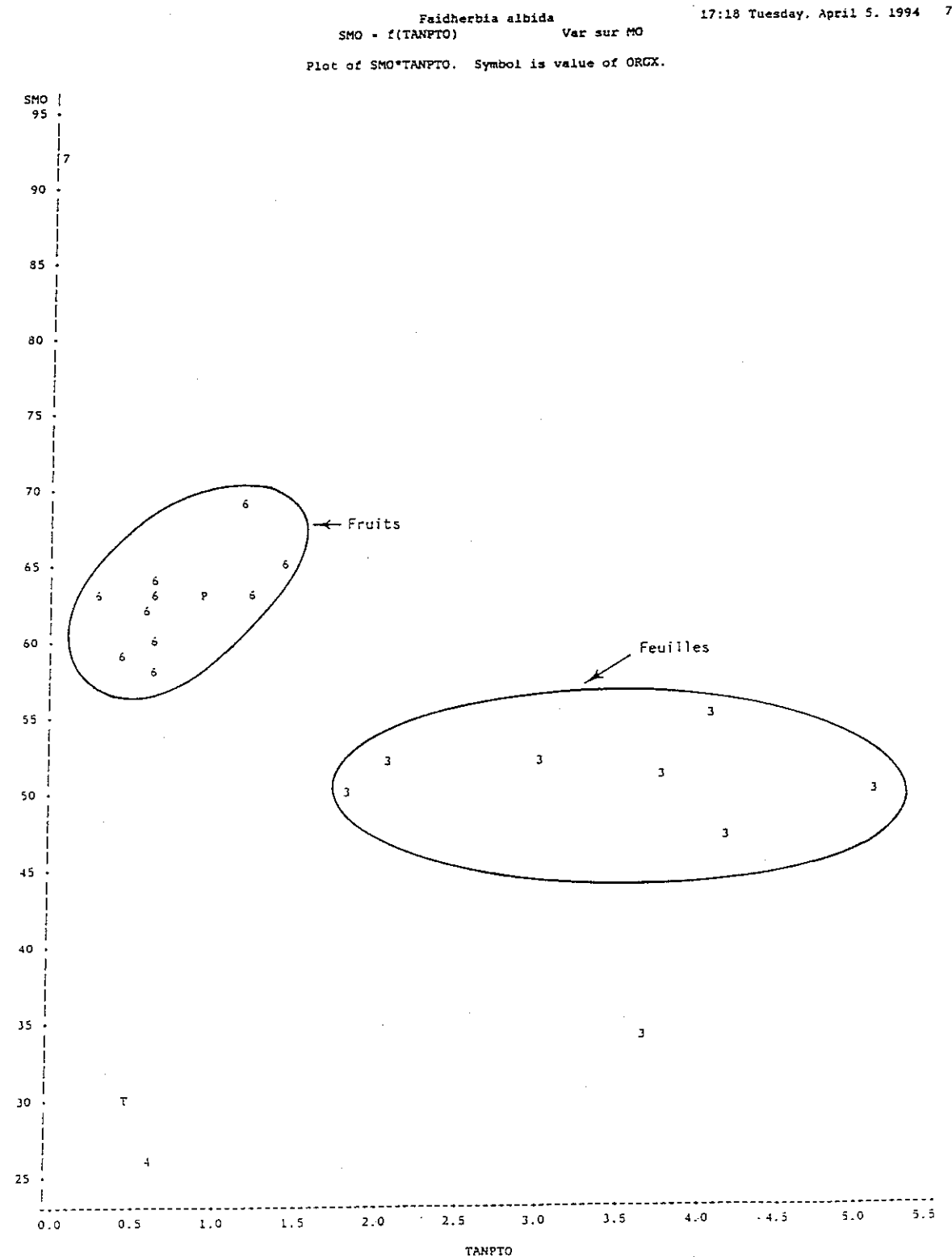
SMO en p.100 de MO

ADF en g/kg MO



SMO = 76.6 - 1.55 ADLO
N = 43 $R^2 = 0.79$ $\text{etr} = 4.3$
SMO en p.100 de MO
ADLO en g/kg MO

Figure V.8 - (Absence de) relation entre la teneur en tanins précipitants et la dégradabilité enzymatique de la matière organique par la pepsine cellulase des principaux organes de *Faidherbia albida*



NOTE: 67 obs had missing values.

3.4. Essai de classification des espèces ligneuses suivant leurs caractéristiques chimiques et de dégradabilité enzymatique (d'après les travaux de Christian Corniaux, N. Durand et J.M. Sarraihi - CIRAD-EMVT - Nouvelle Calédonie)

L'exemple retenu est relatif à un ensemble de 46 espèces ligneuses de Nouvelle Calédonie (Annexe V.5). Ces 46 espèces identifiées comme fourragères ont fait l'objet de prélèvements (un échantillon par espèce) de rameaux, fleurs et fruits analysés au laboratoire.

Un premier examen des données permet de mettre en évidence la diversité des caractéristiques analytiques : compositions chimiques et dégradabilités enzymatiques (ce chapitre), dégradabilités *in vitro* par le gastest (chapitre VII), teneurs en tanins précipitants (chapitre VI) (tableau V.21 et figures V.9 à V.11).

Dans le but d'esquisser une première typologie des espèces suivant leur intérêt fourrager, plusieurs analyses en composantes principales suivies de classifications automatiques ascendantes hiérarchiques ont été effectuées.

Compte tenu des fortes corrélations entre les paramètres (tableau V.22) et des différents niveaux d'analyses envisageables, cette démarche a été appliquée aux groupes de variables suivantes :

a) Critères chimiques seuls :

. deux critères pariétaux :

NDF qui exprime la teneur en parois totales

ADL/ADF qui exprime l'importance de la lignification.

NB- à la place de NDF on aurait pu retenir ADF ou ADL qui expriment plus l'indigestibilité. Il s'est avéré que sur cet ensemble d'échantillons, qui comprenait des fleurs, des fruits, NDF était un meilleur prédicteur de la dégradabilité enzymatique ou in vitro.

. Deux critères azotés : le pourcentage d'azote lié à l'ADF (Nadf) et les matières azotées non liées à l'ADF, $MA_{non\ adf}$. En effet, sachant a priori que les MAT ne sont pas un bon estimateur de la valeur nutritive des fourrages ligneux, on leur a préféré des critères rendant mieux compte de leur fraction disponible : le premier exprime l'importance du "blocage" de l'azote, le deuxième applique ce coefficient à la teneur en azote total.

. La teneur en tanins précipitants = malgré son faible pouvoir prédicteur de la digestibilité, ce paramètre est corrélé négativement aux dégradabilités enzymatiques et *in vitro* ; il agit aussi sur l'appétibilité (phénomène d'astringence qui ne peut être directement étudié au laboratoire). Il est donc important d'en tenir compte dans l'évaluation des échantillons.

Parmi ces critères, Nadf et $MA_{non\ adf}$ sont ceux qui expriment le plus la valeur nutritive. Ils ont donc été exclus des analyses suivantes pour éviter la redondance des variables.

Figure V.9 - Effectifs par classe de teneur en MAT

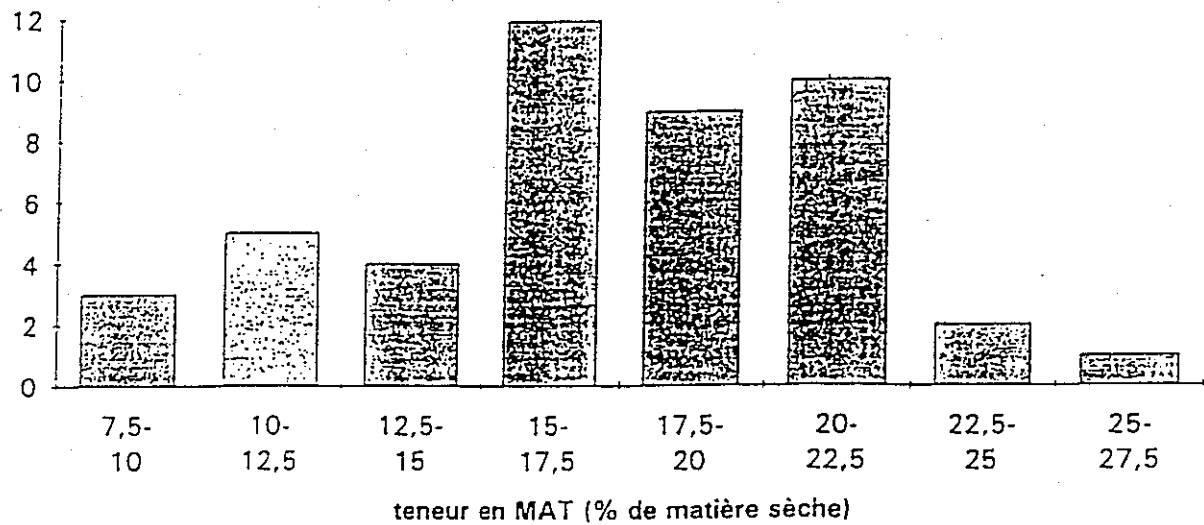


Figure V.10 - Effectifs par classe de teneur en NDF

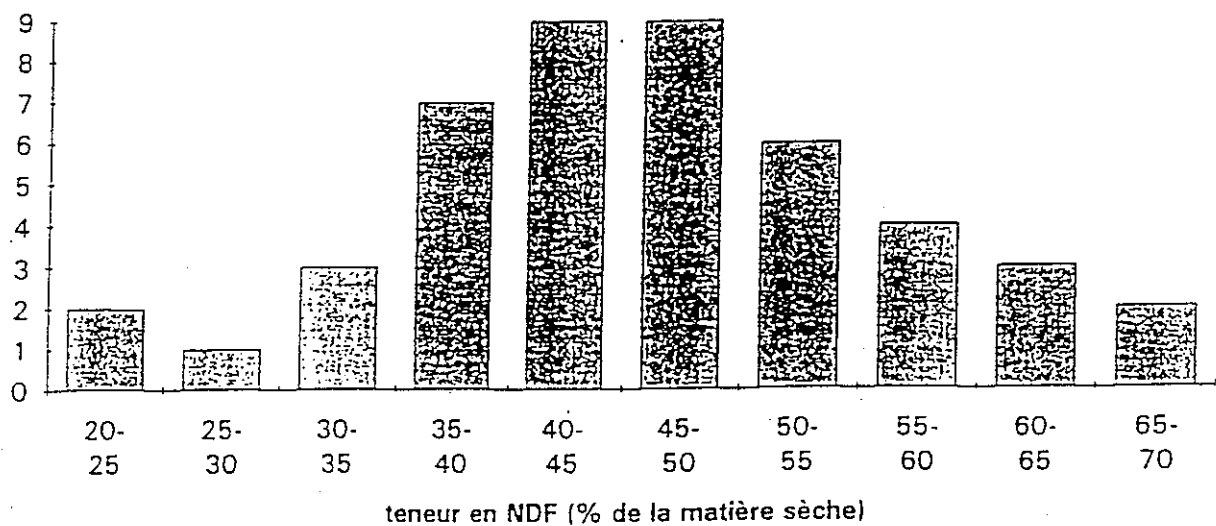


Figure V.11 - Effectifs par classe de teneur en tanins

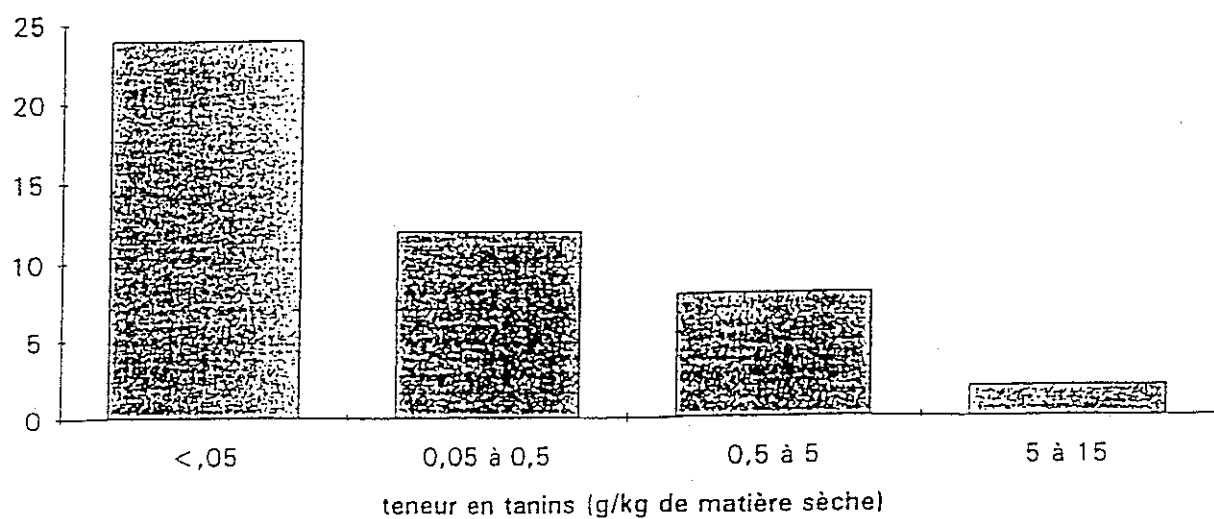


Tableau V.21 - Valeurs moyennes, écart-type et valeurs extrêmes des caractéristiques analytiques des échantillons de Nouvelle Calédonie

The SAS System				16:02 Tuesday, November 15, 1994		1
Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
MO	45	90.37	3.53	79.53	95.82	
MAT	45	17.07	4.50	7.75	29.27	
MG	45	4.25	1.28	2.38	8.00	
CB	45	26.83	7.31	14.47	41.10	
ENA	45	42.22	7.70	26.13	56.90	
NDF	45	49.29	9.61	26.98	75.10	
ADF	45	38.41	10.83	20.50	67.11	
ADL	45	18.58	8.54	6.37	39.11	
SMO	45	50.28	13.25	19.99	78.46	
NPRO1	45	24.34	10.73	7.20	59.72	
NADF	44	27.53	21.16	5.10	77.57	
DMOGT	45	49.57	9.12	32.40	68.20	
TANPT	45	0.86	1.96	0.00	10.36	
MAADF	44	4.39	3.20	0.89	12.41	
MANADF	44	12.70	5.68	2.19	27.78	
MAPRO	45	4.31	2.63	0.82	14.95	
DMACT	45	3.79	3.21	0.20	14.25	

Tableau V.22 - Matrice de corrélations totales avec sélection des coefficients compris entre 0.290 et 1.000 pour N = 45 (P<0,05)

	NDF	L/ADF	MAT	Nadf	MANad	TANpt	SMO	DMOgt	MApro	MAgt
NDF	...									
L/ADF	...	...						
MAT	...	...	...				
Nadf	0.450	0.535	-0.299	...						
MANad	...	-0.399	0.791	-0.802	...					
TANpt	...	...	...	...	...	...
SMO	-0.721	-0.480	...	-0.461	0.311	...	...	
DMOgt	-0.544	-0.380	...	-0.317	...	-0.305	0.865	...		
MApro	...	-0.435	0.634	-0.625	0.790	...	...	...	...
MAgt	...	-0.348	0.560	-0.539	0.711	-0.326	0.405	0.511	0.696	...

MANad = MANonadf

b) critères enzymatiques associés aux critères pariétaux et à la teneur en tanins

Les critères enzymatiques sont la dégradabilité de la matière organique par la pepsine cellulase (SMO) et la teneur en matières azotées dégradées par la pronose (MA_{pro}) ; ce deuxième critère, qui intègre la teneur en MAT, est un estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen (MA_{pro} = MAT x DE1 ou MAT x dMA_{pro}).

Les critères enzymatiques, en particulier SMO, sont fortement corrélés aux critères de dégradabilité "in vitro" par le gastest. Ils ont donc été exclus de la dernière analyse.

c) critères de dégradabilité *in vitro* (chapitre VII) associés aux critères pariétaux et à la teneur en tanins

Il s'agit de la dégradabilité de la matière organique mesurée par le gastest (dMO_{GT}) et de la teneur en matières azotées dégradables par le gastest (MA_{GT}) qui, comme MA_{pro}, est un estimateur de l'apport de matières azotées dégradables dans le rumen.

Pour ces trois séries d'analyses en composantes principales, les variables non retenues étaient cependant représentées en tant que variables supplémentaires, afin de mettre en évidence les cohérences entre les diverses approches (chimiques, enzymatiques ou *in vitro*). De plus, un échantillon (fleur de *Sesbania grandiflora*) a été exclu des analyses car sa valeur nutritive estimée, était quel que soit le critère, très supérieure à celle des autres prélèvements ; il a cependant été représenté sur les diagrammes.

Les figures V.12 et V.13 représentent, à titre d'exemple, les résultats de l'analyse en composantes principales sur les données *in vitro*.

Les pourcentages de variation expliqués par les axes principaux sont :
axe 1 = 42,4 p.100 ; axe 2 = 25,1 p.100 ; axe 3 : 17,8 p.100.

Le plan principal (axes 1 et 2) représente donc 67,5 p.100 de l'information totale, dont :

- 80 p.100 pour dMO_{GT}, "très bien représentée" (Philippeau, 1986)
- 67 p.100 pour MA_{GT}, "bien représentée"
- 75 p.100 pour TAN_{pt}, très bien représentée
- 69 p.100 pour NDF, bien représentée
- 45 p.100 pour ADL/ADF, moyennement représentée.

Sur le plan principal, la teneur en parois (NDF) apparaît clairement opposée au critère de digestibilité de la matière organique (dMO_{GT}), de façon moins marquée aux critères de valeur azotée.

La teneur en tanins précipitants, est directement opposée au critère de valeur azotée (MA_{GT}) ; elle agit en interaction avec la teneur en parois (NDF) sur dMO_{GT}.

Figure V.12 - Représentation des variables actives et (supplémentaires) sur le plan principal

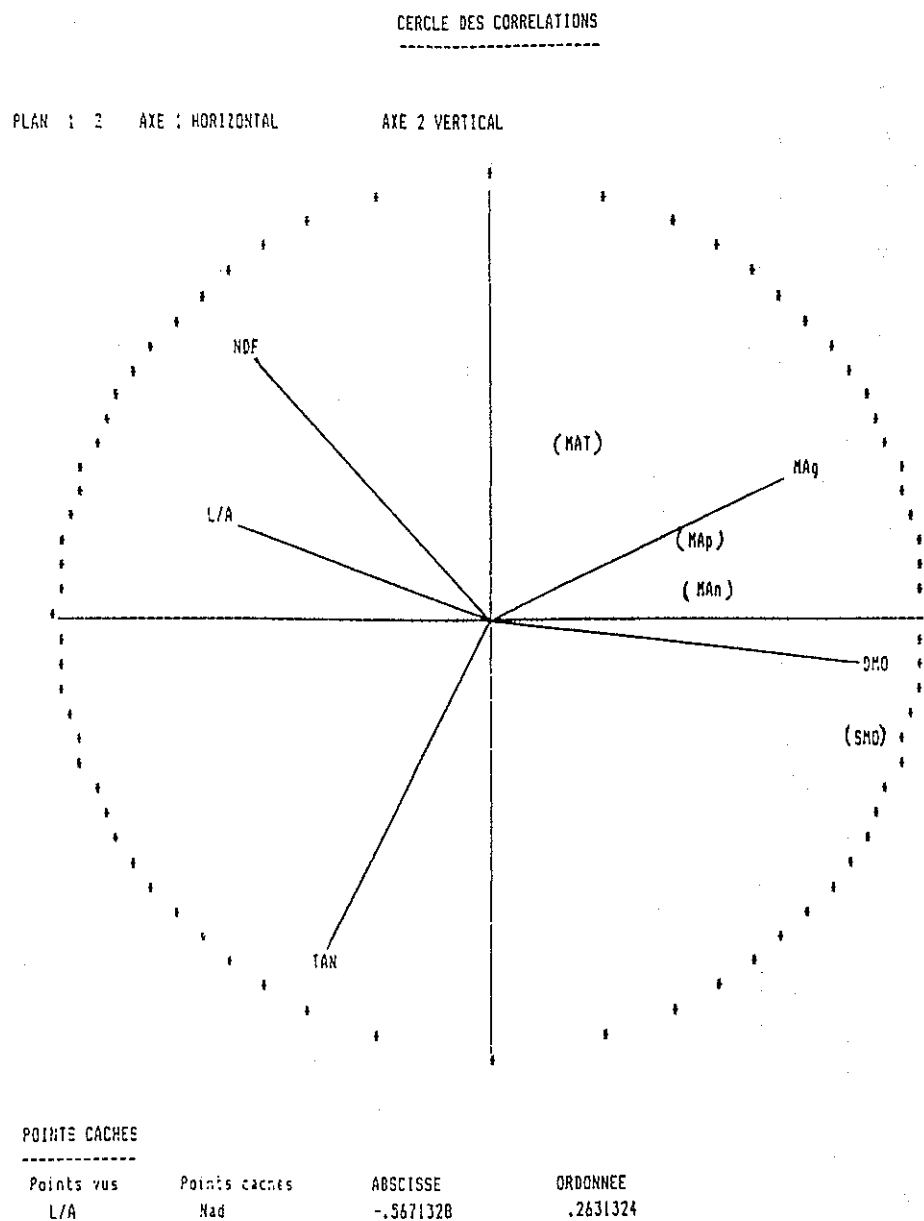
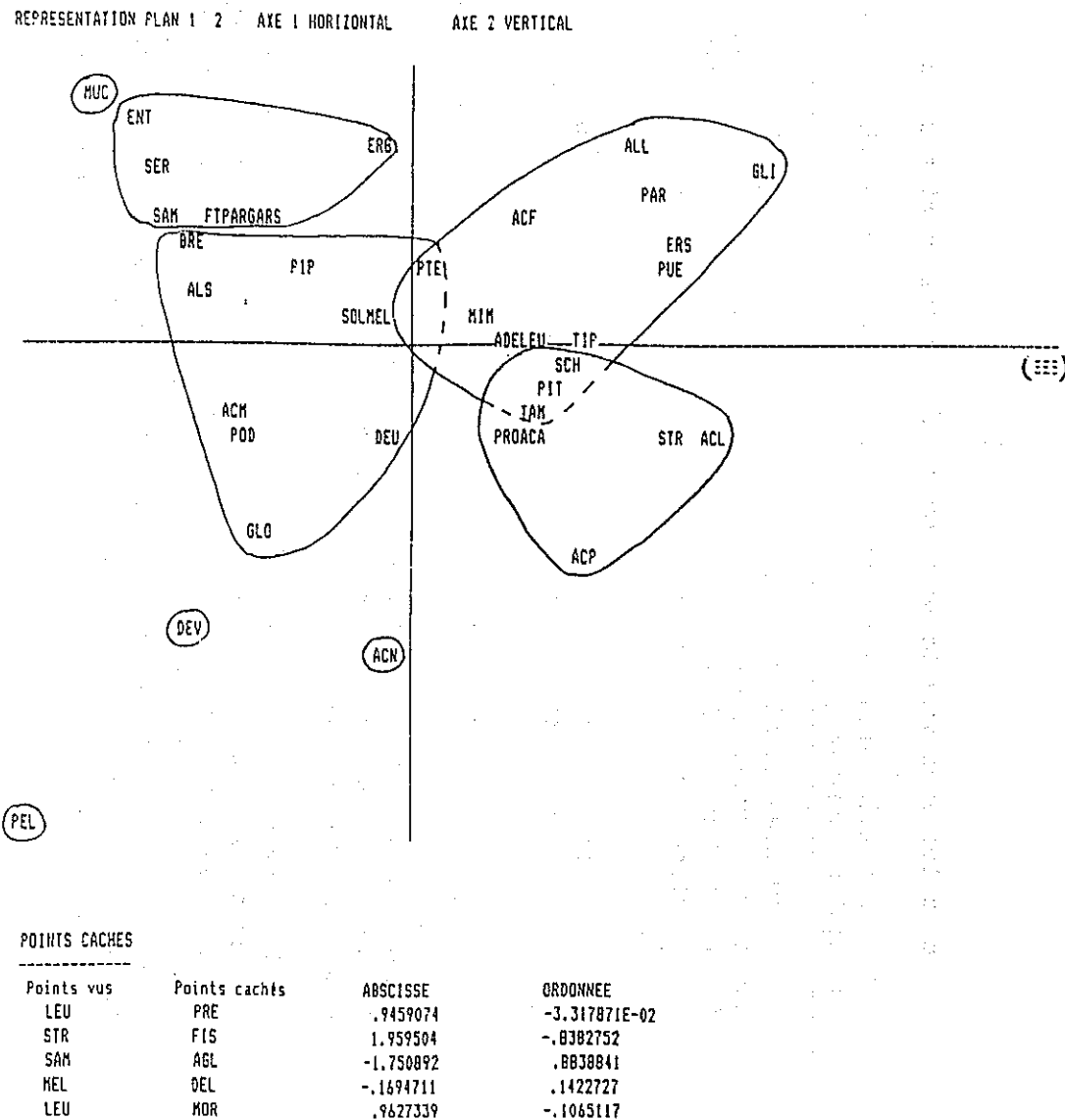


Figure V.13 - Représentation des échantillons de ligneux sur le plan principal



Parmi les variables supplémentaires, ne participant pas à l'analyse :

- SMO est très bien représentée, ce qui est à rapprocher de sa forte corrélation avec dMO_{GT} ;
- les critères de disponibilité de l'azote (N_{adf} , $MA_{non\ adf}$ et MA_{pro}) sont moyennement représentés (entre 27 et 33 p.100), ce qui confirme la difficulté de prédiction de la valeur azotée réelle des ligneux (interaction entre de nombreux facteurs = liaisons avec les parois, tanins, etc.).

La teneur en azote total (MAT) n'est représentée que pour 22 p.100 de ses variations, ce qui confirme la très faible signification de ce critère dans le cas des ligneux.

La constitution des groupes représentés sur la figure V.13 a été guidée par le résultat d'une classification ascendante hiérarchique (STAT-ITCF 1990) basée sur la distance moyenne euclidienne avec comme critère d'agrégation la distance moyenne pondérée. Les symboles utilisés pour chaque espèce sont ceux du tableau V.24.

La comparaison de ces regroupements avec ceux issus des interprétations des critères chimiques (a - ci-dessus) ou des critères enzymatiques (b) traduit des écarts dans les hiérarchies établies. En effet, telle espèce riche en parois ou riche en tanins est cependant très digestible ; telle autre est bien dégradable par voie enzymatique mais peu *in vitro*, cette différence s'expliquant probablement par un effet des tanins plus important sur les résultats du gastest (action des tanins sur les microbes) que sur les dégradations enzymatiques.

Il convient donc d'être très prudent lors de l'interprétation des résultats de tel ou tel groupe de méthodes.

Finalement, il a été provisoirement retenu de proposer une classification des espèces néocalédoniennes prenant en compte l'ensemble des critères chimiques, enzymatiques ou *in vitro*. En effet, si la méthode *in vitro* est la plus proche des conditions physiologiques, elle est aussi la plus sensible à la présence des tanins qui, dans les conditions du gastest, sont plus concentrés que dans les conditions *in vivo*³.

Comme précédemment, une classification ascendante hiérarchique a donc été effectuée sur les critères suivants :

- chimiques : $MA_{non\ adf}$ et tanins ;
- enzymatiques : dMO_{pc} digestibilité de la matière organique estimée à partir de SMS ($dMO_{pc} = 0.72 \text{ SMS} + 19.2$; Aufrère et Demarquilly, 1989).
- *in vitro* : dMO_{GT} et MA_{pro} .

En plus, du *Sesbania grandiflora* qui n'a pas participé à l'analyse (hors classification : HC) et a une valeur nutritive nettement supérieure à celle des autres échantillons, huit classes peuvent être identifiées, leurs

³Il faudrait par exemple disposer de résultats du gastest obtenus en neutralisant l'action des tanins par le polyéthylène glycol (PEG) (cf. chapitre VII).

caractéristiques moyennes sont rapportées au tableau V.23. Les échantillons sont décrits individuellement au tableau V.24.

Tableau V.23 - Caractéristiques moyennes des classes de fourrages ligneux

VAR	DMOpc	DMOgt	MAnad	MApro	MAGt	TANpt	Aliments équivalents sur le plan énergétique
CL1	70	62	20,4	6,2	7,5	0,0	luzerne
CL2	74	62	8,5	3,0	3,4	0,0	Lupin tardif
CL3	63	54	16	5,3	5,7	0,5	pulpe de tomate
CL4	64	58	6,1	2,2	2,4	0,5	foin graminée tardif lère coupe
CL5	51	41	15,6	5,3	3,4	0,3	paille complémentée en azote
CL6	55	43	8,5	2,9	1,3	1,5	paille
CL7	40	38	8	2,4	1,8	0,1	pailles de légumineuses
CL8	45	32	10,8	2,6	0,2	10,4	-
Moy.G.	58	49	12,3	4,1	3,6	0,9	d'après Ruminant Nutrition INRA 1989

Quelle que soit la classe, dMOpc est supérieure à dMOgt. La différence comprise entre 7 et 13 points de digestibilité, et ses variations, ne sont pas expliquées jusqu'ici.

Une hypothèse peut cependant être avancée : les enzymes seraient-elles moins sensibles aux facteurs antinutritionnels que la flore microbienne du rumen ? Il faudrait donc systématiser des comparaisons entre dMOpc et dMOgt incluant des fourrages classiques (graminées, luzerne, etc.) et des fourrages ligneux en employant des facteurs neutralisant les tanins comme le polyéthylène glycol - PEG ou le polyvinylpolypyrrolidone insoluble. Toutefois, malgré l'effet global positif du PEG sur la production de gaz *in vitro*, celui-ci est variable suivant l'espèce végétale et la fraction de tanins déterminée au laboratoire (Khazaal *et al.*, 1994) : la mise au point d'une méthode de correction des résultats du gastest pour les fourrages contenant des tanins s'annonce donc difficile.

La classe 1 a d'après l'ensemble des critères une valeur énergétique (proportionnelle à la digestibilité de la matière organique) et une valeur azotée très élevées.

La classe 2 a une valeur énergétique très élevée mais une valeur azotée faible liée à une teneur en MAT moyenne à faible (*Strobilopanax macrocarpus*) ou à une faible disponibilité de l'azote (*Morinda citrifolia*).

La classe 3 a une valeur énergétique et une valeur azotée élevées.

La classe 4 a une valeur énergétique élevée et une valeur azotée faible.

Certains échantillons des classes 3 et 4 ont des teneurs en tanins précipitants supérieures à 1 p.100 de la matière sèche, mais ce n'est pas systématique.

La classe 5 a une valeur énergétique faible comparable à celle d'une paille grossière mais les valeurs azotées élevées sont comparables à celle de la classe 3.

La classe 6 a une valeur énergétique moyenne un peu supérieure à celle de la classe 5 mais les valeurs azotées sont soit faibles, soit moyennes ; dans ce cas, elles sont alors associées à des teneurs en tanins élevées.

La classe 7 a des valeurs énergétiques très faibles et des valeurs azotées faibles.

La classe 8 - un échantillon - a les mêmes caractéristiques que la classe 7 avec, en plus, une forte teneur en tanins.

Les teneurs en ADF et en ADL ainsi que la proportion de l'azote dans les parois (NADF en p.100 MAT) augmentent de la classe 1 à la classe 8.

Les échantillons des classes 1 à 3 sont *a priori* ceux qui ont la meilleure valeur alimentaire, mais il doit être tenu compte pour cet ensemble de 20 espèces d'autres critères, en particulier :

- de la valeur alimentaire d'autres organes que ceux qui ont été prélevés. En particulier, pour les espèces dont on a échantillonné les organes de reproduction, il faudra aussi s'intéresser au feuillage qui, le plus souvent, représente l'essentiel de la production de biomasse. Néanmoins, les fruits, notamment les gousses des acacia, peuvent justifier à eux seuls l'intérêt à porter à telle ou telle espèce ;
- des variations de valeur alimentaire au cours de l'année ou du cycle phénologique ;
- de la production fourragère et de la valeur alimentaire aux périodes de déficit fourrager ;
- et, surtout, de l'appétibilité pour les herbivores.

Ces investigations complémentaires permettraient d'identifier les espèces ayant le plus d'intérêt sur le plan zootechnique. Cette évaluation pourrait alors être confrontée avec celles relatives à la production forestière, à la protection et à la fertilité des sols, etc. pour identifier, de façon pluridisciplinaire, les espèces justifiant des travaux approfondis (génétique, gestion, etc.). Il pourrait alors être envisagé : des mesures zootechniques (*in vivo*, *in situ*, essai d'alimentation) pour déterminer précisément leur valeur alimentaire, des essais d'exploitation par coupe et par pâturage, pour mettre au point des recommandations de gestion visant à optimiser la pérennité des peuplements, leur production et la valeur alimentaire du fourrage exploité.

4. EBAUCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE NOUVEAUX ECHANTILLONS A PARTIR DE CRITERES CHIMIQUES

Il n'est pas toujours possible de mettre en oeuvre toutes les méthodes d'évaluation des fourrages. La méthode *in vitro* pratiquée dans cette enquête par le laboratoire spécialisé de Hohenheim, ne sera pas appliquée, à court terme tout au moins, en Nouvelle Calédonie. Il est donc utile de pouvoir estimer les critères analytiques exprimant le mieux la valeur nutritive, comme la dMO_{GT} , à partir de critères chimiques ou de dégradabilités enzymatiques plus simples.

Tableau V.24 - Classement des échantillons suivant leur valeur nutritive estimée

Numéro CEE	Espèce	Code espèce	Classe	Code ESP	DMOpc % MO	DMOgt % MO	MA _{non} adf % MS	MAPro % MS	MADgt % MS	TANP % MS	MAT %MS	NDF MS	ADF %MS	ADL %MS	NADF %MAT
010003	Sesbania grandiflora	054502	HC	SES	77	68	28	14,9	14,2	0,0	29	27	20	7	5
010000	Gliricidia sepium	056731	1.00	GLI	71	63	21	6,7	11,9	0,0	24	47	26	13	11
010028	Acalypha grandis	041198	1.00	ACL	74	59	20	5,7	4,9	0,1	21	38	23	6	7
010033	Pueraria lobata	058202	1.00	PUE	66	63	20	6,1	5,7	0,0	22	55	33	9	8
010035	Strobilopanax macrocarpus	999992	2.00	STR	75	62	7	2,3	3,7	0,0	8	37	29	11	11
010037	Ficus sp.	061400	2.00	FIS	78	60	12	4,1	3,4	0,0	16	39	34	9	24
010041	Morinda citrifolia	097799	2.00	MOR	70	64	7	2,4	3,0	0,1	17	42	40	24	59
010001	Tamarindus indica	048501	3.00	TAM	63	55	11	2,2	3,8	1,1	13	47	28	10	15
010005	Tipuana tipu	999986	3.00	TIP	63	55	13	4,1	4,8	0,3	15	48	30	10	11
010008	Mimosa invisa	051503	3.00	MIM	59	55	15	1,8	5,9	1,4	16	50	32	18	6
010010	Albizia lebbbeck	051804	3.00	ALL	58	51	21	7,4	11,5	0,0	24	53	33	15	11
010011	Acacia farnesiana	051709	3.00	ACF	59	53	20	5,2	7,3	0,0	23	50	29	16	12
010013	Leucaena leucocephala	051301a	3.00	LEU	61	54	17	5,0	4,8	0,5	20	45	31	14	14
010015	Parkinsonia aculeata	049401	3.00	PAR	60	50	16	10,1	10,3	0,1	17	53	40	12	8
010017	Pithecellobium dulce	052011	3.00	PIT	63	53	17	6,7	3,9	0,3	19	40	29	12	11
010026	Erythrina sp.	056400	3.00	ERS	63	56	19	8,4	8,6	0,0	22	52	35	11	13
010027	Adenantha pavonina	052021	3.00	ADE	65	55	12	4,1	3,2	0,0	16	47	32	14	22
010029	Acalypha pantheriana	041199	3.00	ACP	69	52	12	4,2	2,3	1,2	14	35	25	6	11
010042	Schelenitzia insularum	999997	3.00	SCH	68	57	17	4,5	4,4	0,0	18	40	25	12	7
010043	Prosopis pallida	050899	3.00	PRO	69	55	16	4,5	4,0	1,9	17	42	31	14	7
010002	Acacia ampliceps	051799	4.00	ACA	64	59	10	3,8	3,9	1,5	11	40	25	13	9
010032	Premna integrifolia	126399	4.00	PRE	64	60	6	2,0	2,1	0,0	15	52	51	18	59
010040	Delarbrea paradoxa	999995	4.00	DEL	64	56	2	0,8	1,3	0,0	10	48	48	29	78
010007	Samanea saman	051902	5.00	SAM	50	37	17	4,3	1,6	0,1	22	57	44	27	22
010018	Archidendropsis granulosa	999988	5.00	ARG	48	38	15	4,6	2,6	0,2	20	60	44	21	27
010019	Archidendropsis streptocarpa	999989	5.00	ARS	49	40	15	6,2	3,6	0,1	22	56	44	25	29
010020	Pterocarpus indicus	053307	5.00	PTE	52	45	14	4,7	4,2	0,0	17	55	41	15	19
010025	Erythrina variegata	056407	5.00	ERG	50	43	18	5,6	6,0	0,0	22	64	44	19	18
010044	Desmodium umbellatum	059699	5.00	DEU	55	44	14	6,5	2,6	1,3	18	45	43	18	18
010006	Albizia serianthes	051899	6.00	ALS	52	40	10	6,0	0,5	0,3	16	53	40	23	38
010012	Desmanthus virgatus	051111	6.00	DEV	54	45	11	3,5	0,6	7,3	16	61	53	19	-
010023	Pipturus argenteus	999990	6.00	PIP	53	49	5	1,2	1,7	0,0	17	52	52	33	71
010030	Glochidion billardieri	999991	6.00	GLO	51	38	4	1,1	0,4	2,8	8	45	43	18	45
010034	Breynia disticha	036499	6.00	BRE	56	47	5	1,9	1,5	0,1	13	49	45	39	63
010036	Ficus prolixa	061499	6.00	FTP	57	38	5	1,0	1,5	0,0	12	63	55	25	60
010039	Podonophelium homei	999994	6.00	POD	53	40	8	2,6	1,4	2,1	9	47	35	19	19
010009	Acacia mearnsii	051742	6.00	ACM	60	40	13	2,8	0,3	1,1	15	43	31	18	16
010016	Acacia nilotica	051712b	6.00	ACN	58	48	15	3,5	1,7	3,9	17	29	23	13	17
010024	Solanum mauritianum	113999	6.00	SOL	58	43	11	5,2	2,2	0,0	17	51	47	19	34
010031	Melochia odorata	032199	6.00	MEL	60	51	9	2,8	2,3	0,1	17	49	43	24	46
010014	Serianthes satchetiae	999987	7.00	SER	44	38	11	2,9	1,9	0,2	20	62	51	32	46
010021	Entada phaseoloides	050699	7.00	ENT	41	40	8	2,3	2,2	0,0	20	67	61	39	62
010022	Mucuna platyphylla	056399	7.00	MUC	36	37	5	1,8	1,4	0,0	17	75	67	36	67
010038	Aglaia elaeagnoides	999993	7.00	AGL	47	40	7	2,8	1,4	0,0	13	57	48	30	48
010004	Peltoforum ferrugineum	999985	8.00	PEL	46	32	11	2,6	0,2	10,3	15	49	42	20	26

Des équations de prédiction de dMO_{GT} et des teneurs en MAD_{GT} ont donc été recherchées à partir des données correspondant aux 45 échantillons prélevés en Nouvelle Calédonie. Elles sont présentées, à titre d'exemple, sachant qu'il est préférable d'appliquer des relations adaptées à tel ou tel groupe botanique (Arbelot, 1993 et Chapitres VII et VIII).

dMO_{GT} (p.100 MO)

- . en fonction de la dégradabilité enzymatique "pepsine cellulase" :

$$\begin{aligned} dMO_{GT} &= 0.605 SMO + 19.15 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.77 \quad e.t.r = 4.4 \end{aligned}$$

- . en fonction de critères chimiques :

$$\begin{aligned} dMO_{GT} &= 86,7 - 0.525 NDF - 0.207 \frac{ADL}{ADF} - 1.73 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.56 \quad e.t.r = 6.3 \end{aligned}$$

MAD_{GT} (p.100 MS)

- . en fonction de la teneur en matières azotées non liées à l'ADF

$$\begin{aligned} MAD_{GT} &= 0.43 MA_{nonadf} - 1.66 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.59 \quad e.t.r = 2.1 \end{aligned}$$

- . en fonction de MA_{nonadf} et de la teneur en tanins précipitants

$$\begin{aligned} MAD_{GT} &= 0.42 MA_{nonadf} - 0.39 TANP - 1.25 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.64 \quad e.t.r = 2.0 \end{aligned}$$

Il peut aussi être utile d'estimer les dégradabilités enzymatiques pour classer les prélèvements, en particulier en ce qui concerne la dégradabilité des matières azotées :

$$\begin{aligned} SMO &= 98.4 - 0.690 NDF - 0.660 ADL - 2.07 TAN \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.802 \quad e.t.r = 6.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA_{pro} &= 0.384 MA_{nonadf} - 0.55 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.672 \quad e.t.r = 1.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA_{pro} &= 0.379 MA_{nonadf} - 0.175 TAN - 0.36 \\ N &= 45 \quad R^2 = 0.684 \quad e.t.r = 1.5 \end{aligned}$$

On notera une fois de plus que le critère MAT n'apparaît dans aucune de ces relations, ce qui distingue les fourrages ligneux des fourrages herbacés.

Conclusion

L'enquête de terrain et l'analyse des 45 échantillons prélevés en Nouvelle Calédonie illustre la démarche qui peut être adaptée pour une première identification des espèces fourragères ayant la meilleure valeur nutritionnelle dans une région donnée.

Cette méthode relativement rapide produit des résultats qui doivent ensuite être consolidés, approfondis et élargis en matière de :

- production et disponibilité saisonnière des fourrages ;
- appétibilité ;
- utilisation digestive.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBELOT (B.) - 1993. Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. Programme CEE-ST2/215. Mémoire de DEA. Nutrition-aspects moléculaires et cellulaires. INA-PG. 36 p.
- AFNOR - 1980. Recueil de normes françaises des méthodes générales d'analyse des produits agro-alimentaires. Chimie-microbiologie-analyse sensorielle, Paris, AFNOR, 278 p.
- AUFRERE (J.), CARTAILLER (D.) - 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. Ann. Zootech., 37 (4) : 255-270.
- AUFRERE (J.), DEMARQUILLY (C.) - 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two Pepsin-Cellulase methods. In Proc. 16th Internat. Grassl. Cong., Nice, France : 877-878.
- AUFRERE (J.), GRAVIOU (D.), DEMARQUILLY (C.), VERITE (R.), MICHALET-DOREAU (B.), CHAPOUTOT (P.) - 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod. Anim., 1989, 2 (4) : 249-254.
- AUFRERE (J.), MICHALET-DOREAU (B.) - 1990. Nouvelles méthodes d'estimation de la valeur alimentaire des fourrages. II. Méthodes enzymatiques. Fourrages, 122 : 203-217.
- BIPEA - 1976-1981. Recueil des méthodes d'analyses des Communautés Européennes.
- CIRAD-IEMVT/Ministère de la Coopération - 1990. La complémentation minérale. Fiches techniques d'élevage tropical (ressources alimentaires), (9) et (12).
- DURAND (Nathalie) - 1993. Identification d'espèces ligneuses arbustives utilisables par les ruminants dans les parcours extensifs en Nouvelle Calédonie. Projet ST2/215 - CIRAD-EMVT - Nouméa, Nouvelle Calédonie : 8 p. + 45 fiches descriptives.
- GUERIN (H.), RICHARD (D.), FRIOT (D.), MBAYE (N.) et KONE (A.R.) - 1988. Intérêt du dosage de la lignocellulose (ADF) et de différentes fractions azotées pour prévoir la valeur nutritive des fourrages naturels sahéliens. Reprod. Nutr. Dév., 28 suppl. n° 1 : 111-112.
- HOFFMANN (L.), SCHIEMANN (R.), JENTSCH (W.) - 1971. Energetische Verwertung der Nährstoffe in Futterrationen. In: Energetische Futterbewertung und Energienormen, 118-167, VEB, Berlin, DDR. Deutscher Landwirtschafts Verlag.
- ICKOWICZ (A.) - 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du Sahel tchadien. Thèse d'Université Paris XII (en cours de publication).

- INRA - 1978. Alimentation des ruminants. Versailles, INRA. 596 p.
- INRA - 1988. Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Besoins alimentaires des animaux. Valeur nutritive des aliments. Versailles, INRA, Actualités scientifiques et agronomiques, 596 p.
- JARRIGE (R.) - 1981. Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage.
In: Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles, INRA : 13-40.
- KHAZAAL (K.), NASTIS (A.), ORSKOV (E.R.) - 1994. Assessment of phenolics-related antinutritive levels using the *in vitro* gas production technique: a comparison between different molecular weight of polyvinylpyrrolidone or poly-ethylene glycol.
- KONE (A.R.) - 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique occidentale : recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse 3e cycle, Univ. Paris VI, IEMVT : 205 p.
- KONE (A.R.), GUERIN (H.), RICHARD (D.) - 1989. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. Séminaire IEMVT/IRZ sur les fourrages et l'alimentation des ruminants N'Gaoundéré (Cameroun) : 16-20 novembre 1987. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT : 789-809 (Coll. Etudes et synthèses de l'IEMVT n° 30).
- KONE (R.), RICHARD (D.), GUERIN (H.) - 1989. Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique occidentale.
In: XVIe Congrès International des Herbages. Nice, Tome II : 947-948.
- LACHAUX (M.), MEURET (M.), de SIMIANE (M.) - 1987. Composition chimique des végétaux ligneux pâturés en région méditerranéenne française : problèmes posés par l'interprétation des analyses.
In: Acquis actuels pastoraux et zootechniques sur le pâturage en forêt. Fourrages (n° hors série) : 231-267.
- LEFEVRE (P.) - 1990. Les analyses de fourrages ligneux à l'IEMVT. Maisons Alfort, CIRAD-EMVT, 13 p.
- LEFEVRE (P.), GUERIN (H.) - 1990. Note sur la teneur en énergie brute des fourrages ligneux. IEMVT - Maisons-Alfort, 3 p. (non publié).
- MASON (V.L.) - 1969. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. J. Agric. Sci., Camb., vol. 73 : 99-111.
- MBWIRIA (S.K.), DICKINSON (J.O.), BELL (J.F.) - 1986. Blood selenium concentrations of sheep and goats from selected areas of Kenya. Trop. Anim. Hlth Prod. 18, 159-165.
- PIOT (J.) *et al.* - 1980. Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Burkina Faso). Maisons Alfort, CFFT-IEMVT : 213 p.
- PHILIPPEAU (G.) - 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Paris STAT-ITCF : 63 p.

- RICHARD (D.) - 1987. Intérêt de la connaissance de la composition chimique des fourrages. Choix des analyses en fonction des objectifs. Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Cameroun. Etudes et synthèses de l'IEMVT n°30, Maisons Alfort, pp. 695-726.
- RICHARD (D.), GUERIN (H.), FRIOT (D.), MBAYE (N.) - 1990. Teneurs en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 43 (2) : 225-231.
- RUMOKOY (L.) - 1994. Valeur énergétique des feuilles et fruits des arbres et arbustes de zone tropicale : mesures de l'énergie digestible *in vivo* de rations à base de fourrages ligneux distribuées à des moutons. Mémoire de DESS "Productions animales en régions chaudes" - MNHN/INA-PG/ENVA/CIRAD-EMVT -(soutenance septembre 1994).
- VAN SOEST (P.J.), WINE (R.H.) - 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. J. Ass. Off. Anal. 50 : 50-55.
- VERITE (R.), DEMARQUILLY (C.) - 1978. Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants.
In: La vache laitière, IXe Journées du Grenier de Theix, INRA : 143-158.
- VERITE (R.), MICHALET-DOREAU (B.) CHAPOUTOT (P.), PEYRAUD (J.L.), PONCET (C.) - 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, (70) : 19-34.

1. The first part of the report is a general introduction to the project. It describes the purpose of the study, the objectives, and the scope of the work. It also provides a brief overview of the methodology used in the study.

2. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. It includes a description of the data sources, the data collection methods, and the data analysis methods.

3. The third part of the report is a detailed description of the results of the study. It includes a description of the data, the data analysis, and the conclusions drawn from the results.

4. The fourth part of the report is a discussion of the results of the study. It includes a discussion of the implications of the results, the limitations of the study, and the conclusions drawn from the results.

5. The fifth part of the report is a conclusion.

6. The sixth part of the report is a list of references.

7. The seventh part of the report is a list of appendices.

8. The eighth part of the report is a list of figures.

9. The ninth part of the report is a list of tables.

10. The tenth part of the report is a list of footnotes.

11. The eleventh part of the report is a list of references.

12. The twelfth part of the report is a list of appendices.

13. The thirteenth part of the report is a list of figures.

14. The fourteenth part of the report is a list of tables.

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES LIGNEUX DU PROJET STD2/215

Origine des échantillons :

- reproduction du prélèvement par les animaux au pâturage,
- fourrages récoltés et/ou commercialisés sur les marchés,
- essais de digestibilité,
- essais zootechniques,
- suivis phénologiques et de croissance des espèces ligneuses.

Recommandation générale

L'examen des résultats disponibles en début de programme montre que les analyses ont souvent été effectuées sur des "rameaux" ou des "rameaux feuillés", ou etc., de telle ou telle espèce prélevée dans tel ou tel pays. D'aussi sommaires descriptions limitent beaucoup l'utilisation des résultats d'analyses de ces échantillons ; en effet :

- s'ils correspondent à un "ingéré", il s'agit au mieux de la fraction consommée de la plante par une espèce animale donnée dans des conditions particulières de pâturage.

- si les échantillons se réfèrent au disponible on sait que la nature du prélèvement varie aussi suivant de nombreux facteurs.

Il est donc indispensable d'envoyer aux laboratoires des échantillons correspondant à des organes individualisés et très précisément identifiés. Une fiche de description assez générale des échantillons de fourrage est proposée (annexe 7) ; certaines rubriques sont inutiles pour les fourrages ligneux dans la plupart des situations (par exemple, fertilisation et irrigation), en revanche d'autres risquent d'être insuffisantes et pourront être complétées (par exemple, position des rameaux sur l'arbre..) à l'initiative ou suite aux suggestions des membres du programme.

L'analyse séparée des organes n'empêchera pas l'expérimentateur, au contraire, d'estimer l'apport nutritionnel de tel ou tel ensemble d'organes prélevés par l'animal. Il suffira pour cela de disséquer les échantillons représentatifs de "l'ingéré", comprenant par exemple des feuilles et des tiges chlorophylliennes ; il pourra, si possible, déterminer la teneur en matière sèche des sous-échantillons constitués chacun à partir d'un organe (dans cet exemple, les feuilles ou les tiges chlorophylliennes), et devra surtout déterminer leurs poids secs pour calculer leurs proportions respectives en sec dans l'échantillon de départ.

Les feuilles et les tiges étant analysées séparément, le zootechnicien pourra calculer additivement les apports nutritifs d'une espèce ligneuse, quelles que soient les proportions des différents organes dans les fourrages ingérés, à condition toutefois que les organes soient de

nature et de développement équivalents à ceux de l'échantillon analysé.

La méthode proposée occasionne bien sûr un surcroît de travail par rapport aux prélèvements habituellement pratiqués, mais les résultats obtenus seront ainsi utilisables pour d'autres circonstances et surtout comparables entre eux.

Pour une même espèce, de nombreux échantillons différents peuvent être constitués si l'on tient compte de la saison, de l'âge, des organes etc. Il faudra toutefois se limiter en raison de la charge de travail que cela représente pour les laboratoires et aussi de la nécessité d'étudier un grand nombre d'espèces. C'est pour ces motifs,

- qu'il a été demandé aux partenaires de communiquer la liste des espèces sur lesquelles ils ont ou vont travailler afin d'éviter les doubles emplois,

- que les études de comportement ou les enquêtes sur les récoltes de ligneux sont urgentes ; c'est à partir de ces données que seront identifiées les espèces, les organes, les stades de développement, etc. les plus importants pour l'élevage et donc que seront établies les listes d'échantillons à constituer.

En revanche, pour une même espèce dont la grande utilité pour l'élevage est reconnue, il peut être intéressant d'étudier dans le détail les variations de la valeur nutritive au cours de la croissance. C'est le cas en particulier pour les espèces cultivées qui pourront être étudiées d'une manière détaillée dans le cadre de protocoles prévoyant des prélèvements de tel ou tel organe à intervalles réguliers. Toutefois ces protocoles devront être établis après une exploitation minutieuse de la bibliographie, car autant les données sont peu abondantes sur les espèces spontanées, autant les facteurs de variation de la composition de certaines espèces cultivées (*Leucaena*, *Gliricidia*) ont été très largement étudiés.

Conditionnement, identification et diffusion des échantillons

a/ Cas général

Les échantillons correspondront dans le cas général à 500 g sec séchés à 60°C à l'étuve pendant 24 heures, ou en l'absence d'étuve à l'air libre dans un local ventilé à l'abri du soleil et des contaminations (sable, par exemple). Ils devront être décrits à l'aide des bordereaux-types (Cf. ci-dessus III.1 et annexe 7) en remplissant le plus possible de rubriques qui pourront d'ailleurs être complétées "en clair" par des informations non codées sur les bordereaux

informatisés qui paraîtront utiles aux collecteurs d'échantillons.

Les échantillons seront numérotés dans une série unique spécifique au programme pour faciliter les échanges :

.Cameroun	: 1 000 à 1 199 ; 2 000 à 2 199 ; etc.
.Côte d'Ivoire	: 1 200 à 1 399 ; 2 200 à 2 399 ; etc.
.Mali	: 1 400 à 1 599 ; 2 400 à 2 599 ; etc.
.Sénégal	: 1 600 à 1 799 ; 2 600 à 2 799 ; etc.
.Tchad	: 1 800 à 1 999 ; 2 800 à 2 999 ; etc.
.IEMVT	: 1 à 999 ; (échantillons anciens et actuels de provenances diverses).

Il est prévu que chaque partenaire constitue un minimum de 200 échantillons à partir du début du programme, mais certains laboratoires disposent déjà de résultats, et/ou d'échantillons qui peuvent être plus complètement valorisés (analyses complémentaires, interprétation etc...) et qui peuvent donc être insérés dans cette numérotation qui préserve intégralement l'identité des laboratoires et la paternité des résultats (Cf. V).

Le bordereau descriptif sera conservé, transmis etc... en dehors de l'échantillon lui même qui ne sera accompagné que de deux étiquettes ; l'une agrafée à l'extérieur du sachet (pour faciliter la lecture), l'autre à l'intérieur (en cas de perte de la première). Ces étiquettes porteront simplement les indications suivantes :

- . n° échantillon,
- . lieu de prélèvement,
- . date de prélèvement,
- . nature (espèce, organe).

Les échantillons seront préparés en double (deux sous-échantillons de 250 g) ; l'un restera dans le laboratoire d'origine, l'autre sera envoyé avec son descriptif complet à l'IEMVT qui le redivisera entre les laboratoires effectuant les analyses complémentaires.

b/ Cas particuliers :

- il a été demandé à chaque laboratoire le 10 avril 1990 d'envoyer un échantillon de 1 kg de fourrage ligneux (séché à 60°C, broyage à travers un tamis de 1 mm) dans le cadre de la "mini-chaîne" d'analyse qu'il est nécessaire de mettre en place.

- effets du mode de conditionnement :

La dégradabilité dans le rumen (B. Michalet Doreau, S.T. Fall), les dosages de tanins (lettre du CTFT du 6 avril 1990 et tirés à part sur le sujet déjà transmis) sont très influencés par le mode de préparation des échantillons.

Il sera donc nécessaire de constituer des échantillons particuliers sur des espèces judicieusement choisies en fonction de leur intérêt zootechnique ou de leurs particularités de composition ou de digestibilité.

Le même matériel végétal sera d'une part séché à 60°C (échantillon témoin), d'autre part préparé suivant un ou plusieurs des traitements suivants : séchage à l'air libre, congélation puis lyophilisation, lyophilisation directe ; lorsque des opportunités de transport rapide se présenteront, des échantillons frais (en glacières) pourront être également acheminés dans les laboratoires spécialisés.

Ces échantillons seront de préférence issus d'essais in vivo, d'essais d'alimentation ou des mesures in situ pour que l'effort analytique dont ils seront l'objet soit associé à des mesures zootechniques et se prête ainsi à l'interprétation la plus complète possible.

D'ores et déjà, on peut retenir que la congélation est possible partout, le problème étant d'assurer une chaîne de froid correcte, tandis que la lyophilisation est possible à :

-Dakar
-Garoua
-N'Djamena

c/ Premiers prélèvements

Il a été convenu dans tous les pays que quelques échantillons d'intérêt évident (sur le plan zootechnique) seraient constitués dès que possible pour procéder à un rodage des méthodes de travail, identifier les difficultés et résoudre les problèmes avant la mise en oeuvre effective des protocoles.

Remarque : Les frais d'expédition des échantillons font partie des coûts de fonctionnement du programme

ETUDE MONOGRAPHIQUE SUR FICUS SYCOMORUS GNAPHALOCARPA =
 PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE PROPOSE A JOSEPH ONANA (SRZV DE GAROUA)

• Multiplication

Une pépinière de multiplication par semis est opérationnelle. Les plantes sont repiquées en pots à raison de 120 pieds par journée de main-d'oeuvre et distribués aux paysans quand ils atteignent 30 à 40 cm. L'entretien de la pépinière (arrosage, etc.) nécessite deux employés pour 6000 plants (communication de J. Onana).

Le mode d'utilisation proposé aux paysans est une plantation dans les champs de céréales (maïs...) lors d'une dernière année de mise en cultures avant retour à la jachère de parcelles épuisées. La densité proposée est de 625 pieds à l'hectare. La parcelle test située sur l'antenne de l'ARZ a été plantée en saison des pluies 1991 et est soumise au pâturage des bovins. Les Ficus ont survécu et sont broutés.

Remarque. - L'IRA Maroua teste également des méthodes de multiplication, en particulier le bouturage de piquets vifs (la pratique du bouturage permet de gagner plusieurs années de croissance par rapport au semis). De bons résultats ont été obtenus avec des tiges de *Ficus thonningii* (hauteur 1 m, diamètre 10 cm) plantées à partir de juillet ; la protection de l'extrémité supérieure avec de la boue et de la paille permet d'obtenir un taux de survie de 60 à 80 p.100 contre 40 p.100 pour les témoins (communication de M. Harmand, IRA Maroua).

Un stage monographique sur la biologie et les usages des principaux Ficus du Nord-Cameroun a été effectué par Sandrine Dury de l'ENSA de Montpellier (1991).

• Croissance et production de feuilles

L'expérimentation en place sur la station de l'ARZ s'intègre dans l'étude des réactions des ligneux soumis à une exploitation (broutage, effeuillage ou élagage) ou au feu.

L'action en cours concerne 160 sujets de 4 ans, d'une taille comprise entre 2 et 3 mètres, répartis en 8 lignes sur 2 500 m²

Depuis le mois de janvier 1992, 20 individus répartis sur deux lignes (un sur deux) sont l'objet d'un effeuillage complet (détermination du poids vert et du poids sec des feuilles) mensuel accompagné d'une prise des mensurations. Ce dispositif est intéressant mais ces effeuillages répétés risquent d'épuiser les arbres sans que la vitesse de croissance et la qualité du fourrage produit en fonction du rythme d'exploitation ne puissent être étudiés.

Il est proposé d'effectuer des aménagements à ce protocole visant à répondre aux points suivants :

- effet de la date de première exploitation sur la repousse en saison sèche ;
- cinétique de la croissance à partir de la date d'exploitation ;
- effet d'une période de reconstitution des réserves en saison des pluies ;
- effet d'un effeuillage partiel simulant une exploitation manuelle (moitié de l'arbre divisé verticalement) ou le broutage (jusqu'à 1,5 m de haut).

Dans un premier temps :

- 20 sujets peuvent être mis en exploitation dès le mois de mars pour étudier la repousse après un effeuillage pendant la fin de la saison sèche ;
- les 20 sujets de chaque groupe (effeuillés en janvier et en mars) peuvent être divisés en 3 ou 4 sous-groupes (homogénéisés d'après la distribution des tailles à l'intérieur de chaque sous-groupe) en vue d'étudier la repousse pendant 1, 2, 3 ou 4 mois ;
- l'espacement des effeuillages à 3 ou 4 mois peut être assimilé à la possibilité de reconstitution des réserves.

D'autres lots d'arbres (8 lots de 20 sont disponibles) peuvent être constitués pour tester d'autres techniques d'élagage ou d'effeuillage. D'autres parcelles sont mises en place, elles pourront faire l'objet d'essais de broutage dans le cadre d'essai de complémentarité des ovins ou des caprins au pâturage.

Ces essais sont complémentaires et pourront être intégrés au protocole général et à plus long terme (plusieurs années) de comparaison de divers rythmes d'exploitation.

MESURES-CAMEROUN
ARZ de GAROUA B.P. 1073
AGROPASTORALISME - KLEIN H.D.

PROJET CEE - LIGNEUX

CAMEROUN - OCTOBRE 1992

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE POUR LE PRELEVEMENT DE LIGNEUX A MOUDA (IRA - SECTION FORESTIERE)

Préambule

De nombreuses espèces sont testées par les forestiers de l'IRA dans des conditions pédoclimatiques différentes et avec des objectifs variés (reboisement, haies vives, lutte contre l'érosion, amélioration de la fertilité,...). Parmi celles-ci, certaines ont un intérêt fourrager.

Objectifs

Etudier la phénologie et la valeur fourragère d'un certain nombre d'espèces ligneuses fourragères au cours de l'année, sur un même site, dans des conditions pédo-climatiques identiques.

Le site de MOUDA, situé à 30 km au sud de MAROUA sur VERTISOL, a été retenu parce que les forestiers y ont implanté sur des surfaces importantes, un grand nombre d'espèces ligneuses, fourragères ou non, avec des objectifs variés (reboisements, haies vives, lutte contre l'érosion, amélioration de la fertilité).

Ce site complète parfaitement celui de l'antenne IRZ de GAROUA, où d'autres prélèvements ont été également effectués dans des conditions pédo-climatiques différentes, et sur des espèces bien souvent différentes.

Choix des espèces et des organes

Parmi un grand nombre d'espèces - plus d'une centaine - nous avons sélectionné celles qui sont consommées par les animaux et dont la culture et la croissance présentent quelques intérêts, ou qui sont très fréquentes dans le milieu naturel.

Nous avons choisi :

	GENRES ET ESPECES	NUMERO PARCELLE	CROISSANCE	ORGANES à PRELEVER		
				feuilles	fleurs	fruits
01	Acacia albida	22	Bonne	x	x	x
02	Acacia nilotica	39 B	Bonne	x	x	x
03	Acacia senegal	25	Bonne	x	x	x
04	Acacia seyal	42	Bonne	x	x	x
05	Bauhinia rufescens	47	Mauvaise	x		x
06	Balanites aegyptiaca	43/44	Mauvaise	x		x
07	Celtis integrifolia	17	Mauvaise	x		
08	Dalbergia sisso	58	Bonne	x		x
09	Gliricidia sepium	09 B	Moyenne	x		
10	Khaya senegalensis	53	Moyenne	x		
11	Kigelia africana	10	Moyenne	x		
12	Leucaena leucocephala	27 A	Moyenne	x		x
13	Prosopis africana	38	Moyenne	x	x	x
14	Pterocarpus erinaceus	37	Moyenne	x	x	
15	Stereospermum kunthianum	56	Moyenne	x		

Selon l'espèce et la saison nous prélèverons séparément les feuilles, les fleurs et les fruits, dans la mesure où ces organes existent au moment de la récolte et ont été retenus lors du choix des espèces et des organes (cf. liste précédente).

Dates de prélèvement

Les prélèvements ainsi que les relevés phénologiques seront faits environ tous les trois mois , aux dates suivantes :

- OCTOBRE : fin de saison des pluies
- JANVIER : pleine saison sèche froide
- AVRIL : période de feuillaison et de consommation maximum
- JUILLET : en pleine saison des pluies.

Prélèvements

Le premier prélèvement a été effectué fin septembre, par Messieurs KLEIN H.B. et ONANA S., en présence de Monsieur Jean Claude TIZE, Chef d'équipe à la section forestière de l'IRA, qui effectuera lui-même les prélèvements suivants.

Néanmoins, pour le prélèvement suivant (janvier 1993), Monsieur ONANA démarrera les prélèvements avec le Chef d'équipe et apportera lui-même le matériel nécessaire

- * les sacs en tissu préalablement pesés et marqués,
- * deux sécateurs et une cisaille,
- * un peson de 3 kg, les derniers reçus étant plus précis,
- * le protocole à commenter et à laisser,¹
- * les étiquettes de terrain à commenter et à laisser¹
- * les bordereaux d'échantillonnage qui seront remplis sur place par Mr. ONANA, en liaison avec les forestiers, pour décrire le milieu, le stade phénologique, et tout ce qui est demandé dans ces fiches (cf. bordereau).

Dès janvier 1993, les prélèvements seront régulièrement effectués sous la responsabilité de Monsieur J.C. TIZE, Chef d'équipe, avec quatre à six manœuvres temporaires, en prestation de service, ce qui limitera les frais de déplacement. Les fiches de présence seront transmises à Monsieur BOUCHEL Didier, qui établira un état de salaire et veillera au paiement du personnel.

Il est indispensable de récolter au minimum un kilogramme de matériel BRUT, soit 1,2 kg avec le sac. Les prélèvements seront faits :

- * sur une même parcelle (cf. numéro de la parcelle et plan des forestiers),
- * sur un nombre d'arbres suffisant pour ne pas perturber les mesures de production des forestiers,
- * sur le même type de branches (tailles, position sur l'arbre, en fonction de l'accessibilité pour les animaux) pour toutes les séries de prélèvements.

Les échantillons seront ensuite mis à sécher par Monsieur J.C. TIZE, en suspendant les sacs, pour permettre une bonne circulation de l'air et aboutir à un séchage rapide, efficace et complet, si possible, à l'abri du soleil et bien sûr à l'abri de la pluie. Ils seront ensuite récupérés par le personnel de l'IRZ, soit à MOUDA ou à MAROUA (à définir).

Monsieur ONANA assurera ensuite :

- * le contrôle des échantillons,
- * un passage dans l'étuve à 60 °C, SI NECESSAIRE,
- * un broyage avec le broyeur à marteau équipé d'un tamis de 0,8 à 1 mm,
- * le conditionnement dans des sacs plastiques, afin d'envoyer au moins 250 g à l'EMVT, pour permettre l'ensemble des dosages prévus au programme,
- * l'expédition des échantillons avec leurs bordereaux, par avion, si possible en bagages non accompagnés, en profitant des occasions.

¹Bien veiller à ce qu'ils soient bien compris l'un et l'autre.

Modèle de l'étiquette à remplir par J.C. TIZE

- LOCALISATION : CRF-MOUDA
- DATE
- NUMERO DE LA PARCELLE (Plan des Forestiers)
- NOM DU LIGNEUX (GENRE et ESPECE)
- STADE PHENOLOGIQUE : . Végétatif . Avec fleurs
 . Sans feuille . Avec fruits
- ORGANE PRELEVE - FEUILLES - FLEURS - FRUITS
- POIDS du SAC
- POIDS BRUT (avec le sac)
- POIDS SEC (avec le sac) : (IRZ GAROUA).

Plan de l'Essai

Recopié sur le document IRA-CRF

60-59	58-57	56-55	54-53	52-51	50-49	48-47	46-45	SUITE
30-29	28-27	26-25	24-23	22-21	20-19	18-17	16-15	

GAROUA <----- ROUTE GOUDRONNEE

SUITE	44-43 14-13	42-41 12-11	40-39 10-9	38-37 8-7	36-35 6-5	34-33 4-3	32-31 2-1
-------	----------------	----------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------

ROUTE GOUDRONNEE -----> MAROUA

COPIES à Didier BOUCHEL
Jean-Michel HARMAND
Joseph ONANA
C/ARZ/GAROUA
Hubert GUERIN

PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DES ESPECES LIGNEUSES TESTEES
PAR L'IDEFOR/DFO POUR LA CONSTITUTION DE HAIES VIVES
DANS LA ZONE DENSE DE KORHOGO (COTE D'IVOIRE - BODJI ET AL., 1993)

Un programme de recherche portant sur l'évaluation agronomique de certaines espèces ligneuses dites forestières dont les épineux, en vue de leur utilisation dans les projets de reboisement et des aménagements agropastoraux du Nord du pays, est exécuté au niveau de la station IDEFOR/DFO à Korhogo. Cette structure a été sollicitée par l'IDESSA pour prendre en compte l'aspect "haies vives" dans le cadre du projet sur la stabilisation des exploitations agricoles dans la zone dense de Korhogo sur le site de Tchélélèvogo. Cette collaboration a permis à L'IDEFOR/DFO de tester l'adaptabilité et la croissance de quelques espèces épineuses. L'intérêt fourrager des épineux testés a déjà été signalé dans certaines régions d'Afrique, aussi avons-nous procédé dans le cadre du projet CEE, à l'échantillonnage systématique des feuilles de quelques unes de ces plantes (tableau ci-dessous) à des périodes préalablement définies tout en tenant compte de leur phénologie. Les différents échantillons ont été séchés sous abri à la température ambiante puis broyés aux fins d'analyse bromatologique.

CODE	Famille Espèce	STADE PHENOLOGIQUE			
		1 ^{er} coup Juin 92	2 ^e coup Sept 92	3 ^e coup Nov 92	4 ^e coup Jan 93
044001	<u>Caesalpiniaceae</u> Bauhinia rufescens	pleine feuillaison	feuillaison chute fl+fruct	feuillaison abs. fl.fruct	feuillai fr. mûr
045108	Cassia sieberiana	pleine feuillaison	pleine feuillaison	pleine feuillaison	feuillai fl.+ fr.
049401	Parkinsonia aculeata	pleine feuillaison	pleine feuillaison	début chute f.	abs. f. abs. fr.
a051101	<u>Mimosaceae</u> Dichrostachys cinerea	Pleine feuillaison	pleine feuill	feuillaison abs.fl.absfr.	abs. f. abs. fr.
051705	Acacia polyacantha	pleine feuillaison	feuill.fl fr mûr	feuillaison abs fl.fr	abs. f.
a051712	Acacia nilotica	pas de feuilles	f.chute fl. fruct.	feuill.abs fl abs fr	abs. f.
z051751	Acacia auriculiformis	pleine feuillaison	pleine feuill	feuill.ch fl fruct.	pleine feuilla
056403	<u>Fabaceae</u> Erythrina senegalensis	Pleine feuillaison	début ch. f. dbt fl.	chute feuilles	feuill abs. fr.
068202	<u>Rhamnaceae</u> Ziziphus mauritiana	pleine feuillaison	f.chtfl.fr mûr feuill	feuill.abs fl fruct.	feuill
068204	Ziziphus mucronata	feuillaison fruits à maturité	fr.sec	début ch.f. fruits secs	feuill fl + fr.
	Hematoxylon brasileto	pleine feuillaison	feuill fr. mûr	feuill chute frt sec.	feuill fructif.

IDENTIFICATION ET ECHANTILLONNAGE DES ESPECES LIGNEUSES
ARBUSTIVES UTILISABLES PAR LES RUMINANTS
DANS LES PARCOURS EXTENSIFS DE LA NOUVELLE CALEDONIE : PROTOCOLE
(Nathalie DURAND, 1993)

I - Travail réalisé

1 - Identification des espèces et localisation

- L'herbier de l'ORSTOM et la flore de Nouvelle Calédonie ont permis d'une part de déterminer les espèces récoltées, d'autre part de trouver des lieux de collecte possibles.
- Les déterminations des espèces récoltées ont été vérifiées par Mr Mac Kee ainsi que par des forestiers et des éleveurs locaux. La localisation des peuplements sur le terrain s'est également faite grâce à leur aide.
- Afin de faciliter la reconnaissance des espèces, un herbier (disponible à l'EMVT), a été constitué et des photographies prises.

2 - Prélèvements

Deux kilogrammes de matière verte, feuilles et jeunes rameaux, a priori consommable par l'animal ont été récoltés, sur le même lieu lorsque le peuplement le permettait. La méthode choisie est l'arrachage à la main.

3 - Détermination de la matière sèche

*Modalité :

- La matière verte est pesée avec une balance précise à 0,1 g avant d'être placée à l'étuve en sachet papier.
- Les sachets sont mis à l'étuve à 70°C pendant 72h.
- La matière sèche est pesée avec la même balance.
- Le broyage est effectué au Laboratoire d'Analyse d'Aliments pour le Bétail (LAAB) de Port-Laguerre, la matière sèche mise sous vide.

LISTE DES ESPECES COLLECTEES

Espece	Nom latin	Nom local	Localisation	page
Acacia ampliceps			Païta	3
Acacia farnesiana			Côte ouest	12
Acacia mearnsii			Païta	10
Acacia nilotica			Côte ouest	17
Acalypha grandis	Amakal		Iles	30
Acalypha oancheriana	Amakal		Iles	31
Adenanthura pavonina			Iles	28
Aglaia elaeagnoides	Suju(Maré)	Siju(Ouvéa)	Iles	40
Albizia lebbek			Païta	11
Albizia paraserianthes falcata			Païta	7
Archidendropsis granulosa			Côte ouest	19
Archidendropsis streptocarpa			Côte Est	20
Breynia disticha	Didjem(Maré)		Iles	36
Delarbrea sp.		Hotu(Ouvéa)	Iles	42
Desmanthus virgatus			Côte ouest	13
Entada Phaseoloides		Koca	Côte Est	22
Erythrina sp.		Erythrine	Côte Est	27
Erythrina variegata		Peuplier Kanak	Côte Est	26
Ficus prolixa		Paki(Ouvéa)	Iles	38
Ficus sp.		Bagesa(Ouvéa)	Iles	39
Glicicidia sepium			Païta	1
Glochidion billardieri	Meruri(Maré)	Mana(Ouvéa)	Iles	32
Leucaena leucocephala			Côte ouest	14
Melochia odorata	Thebo(Maré)		Iles	33
Mimosa invisa			Païta	9
Morinda citrifolia		Nonu(Ouvéa)	Iles	43
Mucuna sp.		Koca	Côte Est	23
Parkinsonia aculeata			Côte ouest	16
Peltolium ferrugineum			Païta	5
Pipturus argenteus		Di	Côte Est	24
Pithecellobium dulce			Côte ouest	18
Podonophelium homei		Lamamea(Ouvéa)	Iles	41
Premna integrifolia	Are(Maré)	Sika(Ouvéa)	Iles	34
Pterocarpus indicus			Côte Est	21
Pueraria lobata	Maniana(Maré)		Iles	35
Samanea saman			Païta	8
Schleintzia insularum			Iles	29
Serianthes sachetiae		Tenda	Côte ouest	15
Sesbania grandiflora			Païta	4
Solanum mauritianum		Toa	Côte Est	25
Strobilopanax macrocarpa	Edi(Maré)		Iles	37
Tamarindus indica			Païta	2
Touana tipu			Païta	6

Description des fiches de récolte

- Nom de l'espèce, date de récolte et référence à l'herbier.

- Existence de graines stockées :

Il s'agit soit de stock existant à la section semence ou au CIRAD forêt, soit de semences récoltées pour ce projet (référence ND).

- Description de l'espèce :

Pour la suite, les réponses obtenues sont indiquées par le signe X.

Les chiffres 0 et 1 correspondent aux modalités des différents facteurs envisagés :

- 0 = non, 1 = oui pour les réponses oui/non,
- 0 = faible, 1 = forte pour le facteur densité de houppier,
- 0 = lent, 1 = rapide pour le facteur vitesse de croissance.

*peuplement : sa description est envisagée dans le but de le classer comme peuplement de récolte pour les semences ou le matériel destiné aux tests d'appétence.

* caractéristiques de l'échantillon :

. strate : on utilise les termes phanérophyte, nanophanérophyte et suffrutex qui ne tiennent pas compte de l'âge de l'échantillon mais de la hauteur du bourgeon terminal. Ceci nous donne une idée de l'accessibilité du feuillage.

. la densité et l'accessibilité du houppier sont évalués et renseignent sur la productivité fourragère de l'échantillon.

. la toxicité est donnée par SELWYN L. EVERIST 1974.

. la perte des feuilles est une donnée bibliographique.

. la croissance : pour certaines espèces des résultats existent au CIRAD forêt de Nouvelle Calédonie, si non on a parfois des données bibliographiques sur le sujet.

L'origine des sources est précisée par (*) lorsqu'il s'agit de source du CIRAD.

. les exigences : des renseignements existent chez les botanistes, au CIRAD forêt et dans la bibliographie.

L'origine des sources est précisée par (*) lorsqu'il s'agit de source du CIRAD, par (**) pour les botanistes.

- Localisation :

* géographique et station de la récolte : le lieu de récolte est précisé par une carte, l'Atlas de Nouvelle Calédonie a servi à donner le type de station.

* de l'espèce sur le territoire : elle est issue de l'observation, de la flore de Nouvelle Calédonie et de l'herbier de l'ORSTOM.

- Valeur alimentaire :

* matière sèche calculée par Nathalie DURAND, et donnée en pourcentage

* il faut y ajouter les caractéristiques mesurées par le LAAB et le laboratoire de Maison Alfort.

Especie : Peltoporum ferrugineum

Date de collecte : 11/06/ 93

Graines : Section semence

Echantillon d'herbier : ND 67

Port-Laguerre.

Description	Localisation	V. A..	Appétabilité
1) Peuplement	1) Lieu de collecte	1) M. sèche	1) Partie appréciée
* Importance 0 1X	Essai barrage de la Tamoa. Plantation.	36,1	* Feuillage Jeune Vieux
* Association 0 1X			* Fleur * Fruit * Rameau Jeune Vieux
* Cultivé			
Haie vive			
Ombrage			
Fourrage			
Autre X			
* Spontané			
Forêt			
Fourré	2) Station		2) Epoque
Savane	Bord de creek.		* SH
Mangrove	Sol brun eutrophe.		* SF * SS
2) Caractère de l'échantillon			
* Strate	3) Répartition		3) Animal consommant
Phanérophyte X	Souvent planté, surtout à		* Bv
Nanophanérophyte	Nouméa.		* Cf
Suffrutex			* Cp
* Houppier			* Ov
Densité 0 1X			* Cv
Accessible 0X 1			* Pc
* Aspect			4) Réaction au brout
Epineux			* Régénère
Velu			* Disparaît
Vernis			
* Odeur 0X 1			
* Toxicité			
Rameau			
Feuille			
Fleur			
Fruit			
Ecorce			
Racine			
* Latex 0X 1			
* Fructification 0 1X			
* Perte de feuille 0 1			
* Attaque			
Rameau			
Feuille			
Fleur			
Fruit			
* Croissance			
Vitesse 0 1			
Exigence			
édaphique 0 1			
climatique 0 1			